

Empirische Analysen der auditiv-räumlichen Musterwahrnehmung:

Fähigkeiten hirngesunder und fokal hirngeschädigter Personen

ABHANDLUNG

zur Erlangung der Doktorwürde der Philosophischen Fakultät I
der
Universität Zürich

vorgelegt von

RONALD MARK RUFF
von Zollikon und Kalifornien

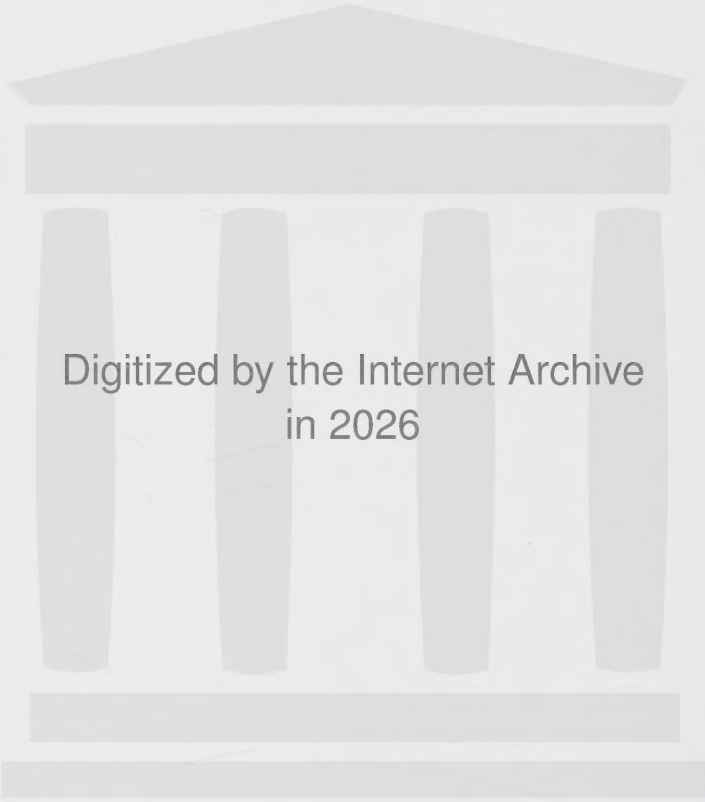
Angenommen auf Antrag von

Herrn Prof. Dr. F. Stoll und
Herrn PD Dr. E. Perret



Juris Druck + Verlag Zürich
1978

1979



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Empirische Analysen der auditiv-räumlichen Musterwahrnehmung:

Fähigkeiten hirngesunder und fokal hirngeschädigter Personen

ABHANDLUNG

zur Erlangung der Doktorwürde der Philosophischen Fakultät I
der
Universität Zürich

vorgelegt von

RONALD MARK RUFF
von Zollikon und Kalifornien

Angenommen auf Antrag von

Herrn Prof. Dr. F. Stoll und
Herrn PD Dr. E. Perret



Juris Druck + Verlag Zürich
1978



ISBN 3 260 04550 3

INHALTSVERZEICHNIS

I. GRUNDLEGENDE ASPEKTE DER AUDITIV-RAEUMLICHEN MUSTERWAHRNEHMUNG	1 - 14
RAUMWAHRNEHMUNG	1
Begriffsbestimmung	2
- Die Rolle des Eigenkörpers	2
Die reizbezogene Raumeinordnung	3
Zusammenwirken der Sinnesmodalitäten	3
ORTUNG EINZELNER TONREIZE	6
Psychologische Wahrnehmungsprozesse	6
- Laufzeitdifferenzen	7
- Intensitätsdifferenzen	7
- "Trading" Funktionen	7
- Frequenzabhängigkeit	8
Physiologische Wahrnehmungsprozesse	8
Forschungsergebnisse	10
MUSTERWAHRNEHMUNG	12
Abgrenzung zwischen Punkt- und Musterwahrnehmung	13
II. GEGENUEBERSTELLUNG DER FORSCHUNGSANSAETZE BEI HIRNGESUNDEN VPN	15 - 20
TONFREQUENZ UND ZEITDAUER	16
LERNMÖGLICHKEITEN	19
DIE ALTERATION DER MUSTERFORMEN	20
LAUTSPRECHERWANDPOSITION, KOPFHALTUNG UND VISUELLE VERARBEITUNG	20
III. LEISTUNGSNIVEAU DER ALPHABETISCHEN TONFOLGEN	21 - 48
ERSTER TEIL: UEBUNGS- UND LERNEFFEKTE	21
Vortraining mit visuellen Auswahlkriterien	22
Vortraining mit Erfolgskontrolle	24
Vortraining mit gradueller Zunahme der Reizkomplexität	25
Vergleiche der Vortrainings	25
METHODE	27
Versuchspersonen	27
Apparaturen zur Präsentation der Tonfolgen	27
Vorgehen	28

RESULTATE	32
Die Leistungen der Vortrainings	32
Vergleiche der Kontrolltests	34
ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION	37
ZWEITER TEIL: VERLAUFSKURVE DER ALPHABETISCHEN MUSTERIDENTIFIKATIONEN	39
Verlaufskurve	39
METHODE	40
Versuchspersonen	40
Vorgehen	40
RESULTATE	41
Gesamthafte Gegenüberstellung der Darbietungs- reihenfolge	42
ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION	44
Dritter Teil: Die falschen Antworten	47
IV. ALTERATION DER HORIZONTALEN UND VERTIKALEN MUSTERAUSBREITUNG	49 - 66
METHODE	52
Versuchspersonen	52
Darbietungsreize	52
- Kategorie I	52
- Kategorie II	54
- Kategorie III	54
- Kategorie IV	54
- Kategorie V	55
Vorgehen	56
RESULTATE	57
Identifikationsraten der Musterkategorien	57
Antworthäufigkeiten für die numerischen Tonfolgen	59
- Allgemeine Antworttendenzen	59
- Verwechslungen über dem erwarteten Zufallswert	60
- Quantitative Analyse der horizontalen und vertikalen Musterelemente	62
- Geschlechtsunterschied	64
- Reihenfolge	64
ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION	65

V. EINFLUSS DER LAUTSPRECHERWANDPOSITION, KOPFFIXATION UND VISUELLEN BEDINGUNG AUF DIE AUDITIV-RAEUMLICHE SEQUENZWAHRNEHMUNG	67 - 98
Lautsprecherwandposition	67
Kopffixation	70
Visuelle Bedingung	71
METHODE	75
Versuchspersonen	75
Allgemeiner Ueberblick der Versuchsanordnung	75
Stimuli: Tonmuster	76
Versuchsbedingungen:	
- Lautsprecherwandpositionen zu den Hörkanälen	77
- Von Vpn eingehaltene und apparative Kopffixierung	77
- Visuelle Wahrnehmungsbedingungen	78
Abhängige Variablen:	
- Taktil-kinästhetische und visuelle Beantwortung	78
RESULTATE	80
Gegenüberstellung der allgemeinen Versuchsbedingungen anhand der richtigen Musteridentifikationen	80
Antworttendenzen zwischen den einzelnen Muster- möglichkeiten:	
- Beantwortungshäufigkeiten	82
- Richtige Musteridentifikationen	86
- Fehleranalyse	87
Uebungseffekte	90
ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION	90
Auditive Wahrnehmungsunterschiede erzeugt durch die Variation der Lautsprecherwandposition	93
Die Rolle der unterschiedlichen Kopffixationen	95
Visuelle Bedingung im Zusammenspiel mit den Identifikationsprozessen von Tonsequenzen	96
- Verdunkelung	96
Uebungseffekte?	98
VI. ZUSAMMENFASSUNG UND INTEGRATION DER RESULTATE BEI HIRNGESUNDEN VPN	99 - 103
UEBUNGS- UND LERNEFFEKTE	99
DIE MUSTER UND DEREN HORIZONTALTE UND VERTIKALE KOMPONENTEN	100
VERSCHIEDENE LAUTSPRECHERWANDPOSITIONEN	102

DIE ROLLE DER VISUELLEN VERARBEITUNGSPROZESSE	102
SCHLUSSBEMERKUNG	103
VII. AUSWIRKUNGEN VON UMSCHRIEBENEN CORTICALEN LAESIONEN	104 - 139
AUF DIE AUDITIV-RAEUMLICHE MUSTERWAHRNEHMUNG	
DIE ORTSBESTIMMUNG VON TONREIZEN IM RAUM NACH CORTICALEN LAESIONEN	105
Auditiver Cortex:	105
- Unilaterale Läsionen	105
- Tierexperimente	106
- Bilaterale Läsionen	106
- Tierexperimente	107
Temporallappen:	108
- Unilaterale Läsionen	108
- Bilaterale Läsionen	109
Läsionen ausserhalb des Temporallappens	109
ZUSAMMENFASSUNG UND FRAGESTELLUNG	111
METHODE	113
Experimentelle Gruppen:	113
- Kontrollgruppen	113
- Patientengruppen	113
- Kontrolltests	114
- Token Test	114
- Objektbenennungstest	114
- Mehrfachwahl Wortschatz Test - MWT	114
- Culture Fair Intelligence Test - CFT	115
- Resultate	115
- Endgültig selektionierte Patienten	115
- Leistungsvergleich zwischen den Patientengruppen anhand der Kontrolltests	116
- Dauer zwischen Operation- und Testdatum	117
- Alter der Kontroll- und Patientengruppen	118
Versuchsplanung	119
- Auditiv-räumliche Aufgaben	119
- Allgemeines Vorgehen	119
- Darbietungsreize	120
- Schritt I	120
- Schritt II	120
- Schritt III	120
- Schritt IV	121

- Visuell-räumliche Aufgaben	121
- Test des points à organiser II	122
- Punktmässige Mustererfassung	122
- Parallelen zwischen den auditiv- und visuell-räumlichen Aufgaben	123

RESULTATE 124

- Die zur Verwertung verwendeten statistischen Verfahren	124
- Zwei varianzanalytische Gliederungen der Gruppenvergleiche	124
- Korrelative Beziehungen	124
- Auditiv-räumliche Aufgaben	125
- Schritt I	125
- Schritt II und III	125
- Leistungsniveau	126
- Richtige Antworten	126
- Fehleranalysen	127
- Schritt IV	127
- Leistungsniveau	127
- Richtige Antworten	127
- Fehleranalysen	128
- Korrelative Beziehungen	129
- Visuell-räumliche Aufgaben	130
- Test des points à organiser II	130
- Leistungsniveau	130
- Gruppenvergleiche	130
- Punktmässige Mustererfassung	131
- Leistungsniveau	131
- Gruppenvergleiche	132
- Beziehungen zwischen den zwei visuell-räumlichen Tests	133
- Korrelative Beziehungen zwischen den auditiv-räumlichen und visuell-räumlichen Leistungen innerhalb der Gruppen	133

ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION 134

Auditiv-räumliche Aufgaben	134
- Die Rolle des Frontallappens	134
- Die Rolle des Temporallappens	135
- Die Rolle der Parieto-Occipitallappen	136

Visuell-räumliche Aufgaben	137
Parallelen zwischen auditiv-räumlichen und visuell-räumlichen Aufgaben	138
Schlussbemerkung	139
ANHANG	140 - 169
LITERATURVERZEICHNIS	170 - 178
Lebenslauf	179

V O R W O R T

Die vorliegende Arbeit entstand in der Neuropsychologischen Abteilung der Neurologischen Universitätsklinik Zürich. Ich danke dem Leiter der Klinik, Herrn Prof. Dr. G. Baumgartner, sehr für seine Unterstützung. Ganz besonders möchte ich Herrn PD Dr. E. Perret, Leiter der Neuropsychologischen Abteilung danken für seine fachliche Beratung während der ganzen Durchführung dieses Projektes. Ein finanzieller Beitrag für die verwendeten Apparaturen wurde vom Schweizerischen Nationalfonds gestiftet - Gesuche 6.182-0.76 und 6.183-0.76 - an Herrn Dr. E. Perret. Bei meinen Arbeitskollegen möchte ich mich ganz herzlich für ihre tatkräftige Unterstützung bedanken. Ohne ihr Entgegenkommen, vor allem von Herrn A. Serrat, hätte ich viel mehr Arbeit für die Zusammenstellung der untersuchten Patienten aufwenden müssen.

Ferner bin ich den Patienten für ihre freiwillige Teilnahme an den Untersuchungen und ihrer dazu nötigen Geduld dankbar. Folgenden Neurochirurgen verdanke ich die Gelegenheit, die von ihnen betreuten Patienten zu untersuchen: Herrn Prof. Dr. G. Yasargil, Leiter der Neurochirurgischen Klinik der Universität Zürich, Herrn PD Dr. C. Probst, Leiter der Neurochirurgischen Abteilung des Kantonsspitals Aarau und Herrn Dr. F. Scharfetter, Leiter der Neuroklinik des Kantonsspitals St. Gallen.

Herrn Prof. Dr. F. Stoll, Leiter des Institutes für Angewandte Psychologie, danke ich für seine effiziente Betreuung und sein grosszügiges Entgegenkommen. Zum Schluss möchte ich noch Frau M. Pillen danken, welche für das Reinschreiben dieser Arbeit grosse Aufopferungen gebracht hat.

I. GRUNDLEGENDE ASPEKTE DER AUDITIV-RÄUMLICHEN MUSTERWAHRNEHMUNG

Das breite Spektrum dieses Themas wird im Folgenden nach den Aspekten der *auditiven*, *räumlichen* und *mustermässigen* Wahrnehmung aufgliedert. In einem ersten Schritt wird der globalste Aspekt - die Raumwahrnehmung - begriffsmässig abgesteckt, und der intermodale Charakter der Raumvorstellung wird hervorgehoben. Zweitens wird der menschliche Hörraum in bezug auf ganz spezifische Ortungsfähigkeiten hin analysiert. In einem dritten Schritt gilt es, das Muster als Wahrnehmungsphänomen abzuklären. Dieser theoretische Einstieg bildet den Hintergrund für die allgemeine Fragestellung dieser Arbeit.

R A U M W A H R N E H M U N G

Der Begriff des Raumes wird in mannigfaltigem Zusammenhang verwendet: In der Epoche der Klassischen Physik wurde von NEWTON die Theorie vertreten, dass es einen von den Körpern unabhängigen realen (leeren) Raum gäbe, an den absolute Eigenschaften geknüpft wurden. Moderne Theoretiker hingegen erkennen den Raum als Führungsfeld, ohne natürlich festliegendes Bezugssystem; in diesem Sinne ist der Raum relativ, und Ort- und Richtungsangaben haben in ihrer räumlichen Beziehung stets willkürlich wählbare Bezugskörper. Ganz andere Raumeigenschaften berücksichtigt ein Ethologe, wenn er das räumliche Verhalten bei einer langen Wanderung von Zugvögeln auf ganz bestimmte Variablen zurückführt, wie z.B. auf instinkthafte Aspekte der Raumfortbewegung. Der Neurologe stellt bei seinem hirngeschädigten Patienten eine visuell-räumliche Desorientierung fest und beschreibt damit ein sich Nichtzurechtfinden können, z.B. in einem vertrauten Strassennetz. Auch das psychologische Verständnis des Raumes widerspiegelt diese Vielfalt. Vorzufinden sind z.B. eine phänomenologische Beschreibung des psychischen Raumerlebnisses von BINSWANGER (1933), Theorien einer entwicklungsabhängigen Raumverarbeitungsfähigkeit von PIAGET (1971) und eine Beschreibung der Raumvorstellung als Primärfaktor der Intelligenz von THURSTONE (1938).

BEGRIFFSBESTIMMUNG

Einen wahrnehmbaren Raum an sich gibt es nicht, sondern verschiedene Körper werden in ihrem Bezugsverhältnis zueinander erkannt. Die Bezugsverhältnisse gestalten sich aus der Zusammensetzung von einem wirklich erlebten bis hin zu einem abstrakt vorgestellten Phänomen. Dieser funktionelle Begriff von Raum bedingt mehr oder weniger relative Bezugsverhältnisse*.

Die Rolle des Eigenkörpers

Der Körper einer Person ist selbst direkt oder indirekt in die Raumwahrnehmung miteingeschlossen. Die direkte Miteinbeziehung des Eigenkörpers wird in der Literatur unter dem Begriff der Raumorientierung abgehandelt. Insofern wird die Lage, die Stellung oder die muskulären Spannungsverteilungen des Eigenkörpers oder seiner Glieder unmittelbar in die Forschungsansätze miteinbezogen bzw. variiert. Beschränkt man sich auf die räumlichen Beziehungen der Körperteile zueinander, so wird der Begriff des Körperschemas verwendet.

Das indirekte Bezugssystem setzt die Fähigkeit, sich vom Eigenkörper mehr oder weniger loszulösen voraus. Einerseits entspricht dies der Alltagserfahrung, in welcher wir uns oft in einem vorgestellten Gesamttraum "sehen" können, d.h. wir haben die Möglichkeit, uns als Teil in eine Umgebung einzuordnen. Andererseits kann dies so weit führen, dass wir uns vom Körper ganz loslösen; man denke an einen Astronomen, welcher die Planeten, von der Sonne ausgehend, ordnet und dazu in die Rotationen der jeweiligen Stellung entsprechend, miteinbezieht. Dieser vorstellbare indirekte "Spielraum" ermöglicht ein ungehindertes Vorstossen und ist als solches potentiell unendlich. Das indirekte Bezugssystem bildet die Basis für das räumlich abstrakte Denken.

*Eine ausführliche Abhandlung über den "relativen" und "absoluten" Raum ist von BISCHOF (1966) verfasst worden und braucht deshalb hier nicht eingehend abgeklärt zu werden.

Diese Aufteilung in indirekte und direkte Miteinbeziehung des Körpers in den Raum widerspricht der traditionsreichen Auffassung, dass der Körper das ausschliessliche Zentrum des Raumes bzw. der einzige Bezugspunkt sei. Eine analoge Trennung machte FISCHER (1931) durch die Begriffe ego- und exozentrisch.

DIE REIZBEZOGENE RAUMEINORDNUNG

Die indirekten bzw. exozentrischen Bezugssysteme sind auf Fremdkörper bezogen. Diese sind einerseits wiederum unterteilbar in die Fokussierung einer bestimmten Reizquelle, welche zum Eigenkörper hin geortet werden kann andererseits können mehrere Fremdkörper in ihrer räumlichen Beziehung zueinander betrachtet werden. Die aktive räumliche Klassifikation anhand dieser reizbezogenen Bezugssysteme wird in der experimentellen Ueberprüfung erst nach einer Uebereinstimmung der zu verwendenden Bezugssysteme sinnvoll. Subjektive Bezugssysteme beziehen sich auf die Raumeinteilung der Person nach Kriterien wie z.B. was oben, hinten, neben usw. ist. Objektiv sind in diesem Zusammenhang genau festlegbare Reizparameter, wie z.B. die Distanz und die Winkel zwischen den Reizquellen und dem Sinneskanal. Dies zeigt, dass die Bezugsverhältnisse zwischen irgendwelchen Raumdimensionen definitionsabhängig sind. Entwicklungsmässige und kulturelle Unterschiede weisen eine gewisse Spannbreite auf.

ZUSAMMENWIRKEN DER SINNESMODALITÄTEN

Die räumliche Wahrnehmung geschieht synergetisch, das heisst durch das Zusammenwirken der verschiedenen Sinnesmodalitäten. Die lebensnotwendige Raumwahrnehmung wird abgesichert durch einen vielseitigen und z.T. redundanten Informationszustrom. Mehrere qualitative Unterschiede bestehen zwischen den Sinnesmodalitäten in bezug auf deren intermodales Zusammenwirken (vgl. KEIDEL, 1966, für eine detaillierte Gegenüberstellung der Informationsparameter bei Auge, Ohr und Haut). Die Theorie der Synergie setzt keinesfalls eine Gleichheit der Sinnesmodalitäten, in bezug auf die Leistungen, welche zum Raumverständnis

führen, voraus. Die verschiedenartigen Beiträge der einzelnen Modalitäten (Sinnesorgane) an der gesamten Raumwahrnehmung sollten untersucht werden. Diese Verständnisgrundlage wird bei einer Mehrheit von Autoren stark vernachlässigt. Die Raumwahrnehmung wird schlicht einer visuellen Wahrnehmung des Raumes gleichgesetzt. Hingegen wird die Unzulänglichkeit dieser Gleichsetzung bei dem Raumverständnis eines blindgeborenen Menschen offensichtlich, denn ihm ist die Raumfortbewegung durch verschiedene nicht-visuelle Reizparameter gut möglich (DALLENBACH und seine Mitarbeiter, in den Arbeiten von SUPA et.al 1944; COTZIN & DALLENBACH, 1950; AMMONS et.al. 1950; oder auch COLLINS, 1971 und BACH-Y-RITA, 1972)

Im Unterschied zu den übrigen Sinnen haben Ohren und Augen die Möglichkeit, Distanzen ausserhalb des Körpers einzuschätzen. Das Gehör hat in erster Linie die Funktion eines Zeitsinnes, z.B. für Musik und Sprache. Dazu kommt noch die Funktion des Fernsinnes, z.B. Warnsignale, Stimmen usw. zu unterscheiden und zu orten. Ein qualitativer Unterschied des auditiven Fernsinnes besteht darin, dass der Hörraum den ganzen Körper umgibt (zumindest auf der horizontalen Ebene). In diesem Aspekt übertrifft der Hörraum alle anderen Sinnesmodalitäten, da das visuelle Wahrnehmungsfeld bei Menschen immer an das momentan begrenzte Gesichtsfeld gebunden ist; und bei taktilen Wahrnehmungen die Körpernähe notwendig ist. Der Geruchssinn trägt beim Menschen relativ wenig zur Raumortung bei. Weiter kann aufgrund der Tonortung die visuelle Zuwendung (Kopf- und Augenbewegungen) gesteuert werden. Auch kann innerhalb des visuellen Wahrnehmungsfeldes nicht zugängliche Information durch die auditive Raumwahrnehmung erkannt und geortet werden; man denke dabei z.B. an die Ortung eines Geräusches, dessen Quelle verdeckt ist.

In diesem Zusammenhang sei die Theorie der Synästhesie kurz erwähnt, die von der Voraussetzung ausgeht, dass Empfindungen ihren spezifischen objektiven m o d a l e n Charakter verlieren und i n t e r-modale Qualitäten aufweisen. Die dadurch bekannten Forschungsergebnisse sind die Farb-Ton Entsprechungen (Chromatismen), in welchen z.B. hohe Töne mit hellen Farben in gesichertem Zusammenhang auftreten (ZIETS, 1931; SCHILLER & WOLF, 1933). Ein Ton soll verschiedene inter-sensorische Eigenschaften besitzen, wie z.B. erinnert ein rauher Ton an taktil erfassbare Objekte oder ein hoher (auf Tonfrequenz bezogen)

kann auch eine Raumeigenschaft enthalten (letzteres angedeutet in den Arbeiten von ROFFLER & BUTLER, 1968 b). Dann gibt es an Gegenstände gebundene Töne - z.B. bei Instrumenten.

ORTUNG EINZELNER TONREIZE

Nach diesen allgemeinen Ausführungen zum Begriff Raumwahrnehmung soll nun folgende Frage gestellt werden: Was ist der auditive Beitrag in der Raumwahrnehmung?

Die Antwort auf diese Frage wurde unterteilt in:

- die Tonortung: die räumlichen Beziehungen von einzelnen Reizen von Fremdkörpern zum Eigenkörper hin,
- die auditiv-räumliche Musterwahrnehmung: die räumliche Beziehung von mehreren akustischen Reizquellen zueinander.

Im Folgenden soll der erste Punkt, die Tonortung, behandelt werden, und zwar zuerst die psychologischen und physiologischen Wahrnehmungsprozesse. Danach werden Forschungsergebnisse aus der Literatur erwähnt, welche im Zusammenhang mit der Tonortung durchgeführt wurden.

PSYCHOLOGISCHE WAHRNEHMUNGSPROZESSE

Töne zu orten ist ein täglicher Prozess, der mitverantwortlich ist für die lebensnotwendige Raumwahrnehmung. Die räumliche Beziehung zum Eigenkörper und zur Schallquelle ist insofern vordergründig. Viele Organismen, angefangen bei primitiven Lebewesen benötigen den akustischen Fernsinn zur Feind- oder Beuteannäherung. Beim Menschen erzeugt ein akustisches Signal verschiedenartige Informationen, wobei die Ortung der Schallquelle den höheren Erkenntnisleistungen zugrunde liegt. Die Ortungsfähigkeit von akustisch wirksamen Signalen basiert primär auf binauralen Prozessen, also auf interaktiven Prozessen beider Ohren. Ein adäquater Tonreiz für das Gehörssystem des Menschen liegt im Frequenzbereich von 20 - 20'000 Hz, und der Schall hat eine Geschwindigkeit von 333 m/s in der umgebenden Lufthülle (bei $T = 20^{\circ} \text{C}$ und $p = 760 \text{ Torr}$; PLATTIG, 1975). Zwei Parameter des Tonreizes sichern die Orts- und Richtungsbestimmung ab: Zwischen den der Schallquelle zu- und abgewandten Rezeptorseiten entstehen Reizdifferenzen in der INTENSITÄT und in der LAUFZEIT.

Laufzeitdifferenzen

Der mittlere Abstand zwischen den Ohren beträgt 21 - 22 cm und bei seitlichen Abweichungen der Schallquelle von der Medianebene, also nach temporal verschoben, ist die Laufzeitdifferenz proportional zum Sinus des Abweichungswinkels (KEIDEL, 1966). Die grösste Differenz, bei 90° Abweichung von der Medianebene, ergibt eine Verzögerung von etwa 600 μ s. In Experimenten wurden die Laufzeitdifferenzen durch künstliche Veränderung des Abstandes zwischen den Ohren vergrössert (VON HORNPOSTEL & WERTHEIMER, 1920; VON HORNPOSTEL, 1926; WIGARD, 1926 zit. nach KLIX, 1976). Bei ungleicher Ausdehnung der beiden Abstände kommen Täuschungseffekte zustande, und die Ortung des Reizes verschiebt sich durch die künstlich erzeugte Zeitdifferenz.

Intensitätsdifferenzen

Die Intensitätsunterschiedsgrösse variiert nach seitlicher (temporaler) Verschiebung des Schalles, sodass die Intensität beim zugewandten Ohr grösser ist als beim abgewandten. Der Kopf des Zuhörers wirft einen Schallschatten für das abgewandte Ohr i.S. von Reflektionen und Absorptionen in der Grössenordnung von 6 - 12dB. Auch hier können Täuschungseffekte erzeugt werden; wird z.B. durch Kopfhörer die Druckstärke bei einem Ohr abgeschwächt, so liegt die Reizquelle eindrucksmässig seitlich (STEINBERG & SNOW, 1934). Das schwächer gereizte Ohr wird als die der Reizquelle abgewandte Seite wahrgenommen.

"Trading" Funktionen

Um die Zusammenhänge zwischen den zwei Parametern für die Richtungsbestimmung zu erfassen, hat VON BEKESY (1930, 1963) das Trade-Funktionsexperiment konzipiert. Durch Intensitätsabschwächungen bewirkte Richtungstäuschungen konnten durch seitenverkehrte Zeitvergrösserungen kompensiert resp. ausgeglichen werden (i.S. von "trading"). Dadurch ist die Schlussfolgerung, dass beide Parameter sich bei den akustischen Ortungsprozessen beteiligen, belegt. KEIDEL (1966) postulierte ein einheitliches Funktionsprinzip zur Erklärung der Trading Funktionen, welches später nochmals aufgegriffen werden soll.

Frequenzabhängigkeit

Sowohl die Laufzeit- als auch die Intensitätsdifferenz sind an bestimmte Tonfrequenzen gebunden. Bei Sinustönen ist die Phasenverschiebung, die bedingt durch die Zeitverzögerungen von etwa $600 \mu\text{s}$ zwischen den Rezeptorseiten bei vollständig seitlicher Quellenanordnung, wahrnehmbar, wenn die Schwingung nicht weniger als $600 \mu\text{s}$ benötigt. LINDSAY & NORMAN (1972) berechneten einen Wert von 1200 Hz, welcher bei seitlicher Anordnung nicht überstiegen wird, wenn die Ortsbestimmung auf Basis der Phasenverschiebung vor sich gehen soll.

Bei der Intensitätsdifferenz hingegen steigt die Verlässlichkeit der Tonlokalisation bei steigender Tonfrequenz aufgrund der zunehmenden Druckdifferenz (SIVIAN & WHITE, 1933; TRENDELENBURG, 1950). Unterhalb 500 Hz sind die Intensitätsdifferenzen unschwellig.

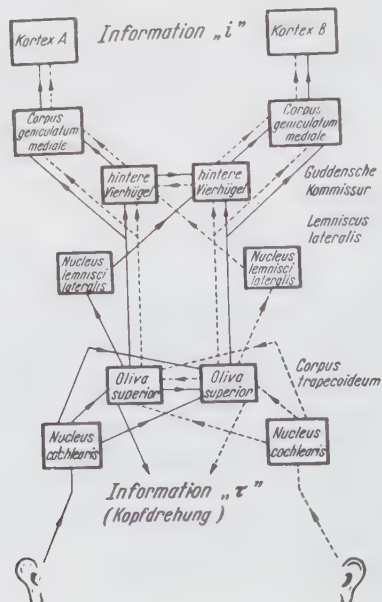
PHYSIOLOGISCHE WAHRNEHMUNGSPROZESSE

Die durch das binaurale Hören zustandekommende Ortungsfähigkeit beruht vorwiegend auf den physiologischen Prozessen des Hirnstammes; siehe unten:

Abbildung 1:

Schema der Hörbahn

von KEIDEL (1975;
S. 382)



Die bekanntesten drei kommissuralen Verbindungen zwischen den beiden Hörbahnen sind im Gebiete (1) des Corpus trapecoideum, (2) der Vierhügel und (3) zwischen den Corpora geniculata medialis.

Die Untersuchungen von GALAMBOS et.al. (1959) zeigen, dass die Laufzeitdifferenzen im bilateral symmetrisch angeordneten Corpus trapecoideum, und zwar im Nucleus accessorius, zustande kommen, also nach zwei durchlaufenen neuronalen Schaltungen, nämlich denen im Nucleus cochlearis und in der Oliva superior; siehe Abbildung 1. Die ausserordentlich kleinen Zeitdifferenzen werden demzufolge relativ nahe an beiden Ohren verrechnet.

Beruhend auf neurophysiologischen Verarbeitungsprozessen werden die Intensitätsdifferenzen in Zeitverrechnungen umgewandelt nach folgenden neurophysiologischem Grundgesetz: je höher die Erregungsstärke, desto rascher erfolgt die Ueberleitung der Information (der Zusammenhang ist nicht linear). Die daraus entstandene zeitliche Verrechnung findet wiederum im Nucleus accessorius statt. Dieser Kern im Trapezkörper ist nach dem heutigen Kenntnisstand dafür verantwortlich (meist als Verrechnungszeit definiert), unabhängig davon, ob dies durch Laufzeit- oder Intensitätsdifferenzen ausgelöst wird.

Die Funktionszusammenhänge zwischen den Schalldruck- und den Zeitdifferenzen haben sich in den Tradingsexperimenten als nichtlinear erwiesen. Auch sind die Zusammenhänge der Verrechnungszeit zur Laufzeit oder zur Intensität nicht linear.

Zur Zeit sind es hauptsächlich neurophysiologische Resultate bei Tieren, die über den Richtungsfaktor der akustischen Wahrnehmung in den verschiedensten Stationen der Hörbahnen Auskunft erteilen, denn beim Menschen fehlen innerhalb der zentralen Hörbahn in einigen Stationen noch jegliche elektrophysiologische Messungen. Von speziellem Interesse hier ist die mögliche Beteiligung der Hirnrinde am Richtungshören*. Im Vergleich zu den Ableitungen der Erregungslatenzen am Hörnerv und den

* In Kapitel VII werden die experimentellen Befunde nach corticalen Läsionen beschrieben.

zwei Schaltstellen im Hirnstamm von KEMP & Robinson (1937) haben KEIDEL et.al. (1960) cortical abgeleitet. Aktionspotentiale in beiden akustischen Hirnrindenseiten bei der Katze ergeben charakteristische Merkmale (Grösse und Latenz) in bezug auf die Richtung von binauralen Tonreizen. Erstaunlicherweise war die Erregungsgrösse in einer der Zellgruppen von der Intensität abhängig (und nicht von der Verrechnungszeit). Nach KEIDEL (1966) konnte ein cortical gelegener Intensitätsvergleich, nach bereits abgelaufener Zeitverrechnung, die Genauigkeit der Richtungshörschwelle für langdauernde Tonreize verfeinern; (langdauernde Tonreize sind eindeutig besser lokalisierbar als kurze). Dieser Intensitätsvergleich könnte statistische Mittelungsfunktionen auslösen, welche für die Ortung der Sinustöne von Vorteil wären.

Seitenpräferenzen der Tonaufnahme waren vorhanden und KEIDEL postulierte (in der bereits zitierten Arbeit von 1966) für die erwähnten Zellgruppen Seitenvergleiche zwischen den Hirnhemisphären. Er vertrat die Auffassung, dass derartige Seitenvergleiche möglicherweise über den Thalamus zustande kommen könnten. Dies wird einerseits dadurch abgestützt, dass rückläufige Faserverbindungen dorthin bekannt sind, andererseits zitiert KEIDEL die Untersuchung von NAUMANN (1965), welche gezeigt hat, dass die Fähigkeit der Katzen, Töne zu orten, nicht wesentlich beeinträchtigt wurde nach Durchtrennung des Corpus Callosum. Daraus zieht er den Schluss, dass "direkte Rinden-Rindenverbindungen" wenig wahrscheinlich sind.

FORSCHUNGSERGEBNISSE

Die Ortung oder Lokalisation von *einzelnen* Tonreizen wurde extensiv erforscht. Vor allem wurden Tonreize auf der horizontalen Ebene (zu den Hörkanälen hin) dargeboten, welche mit Sicherheit geortet werden können (STEVENS & NEWMAN, 1936; BURGER, 1958; MILLS, 1958; BEECHER, 1970; und bei den Katzen CASSEDAY & NEFF, 1973, oder bei den Eulen KONISHI, 1973). Bedeutend weniger Aufmerksamkeit wurde der vertikalen Tonortung gewidmet, da diese Fähigkeit geringer ausgebildet ist (PRATT, 1930; ROFFLER & BUTLER 1968 a & b). Der Zusammenhang von akustischen Ortungsfähigkeiten und Kopfbewegungen (u.a. POLLACK & ROSE, 1976; THURLOW & RUNGE, 1967; bei der Katze BEITEL, 1970; ausführlichere Bespre-

chung folgt in Kapitel V) oder von Körperrotation (ALTSHULER & COMALLI, 1970; LACKNER, 1974 a & b) wurde eingehendst analysiert. Monaurale und binaurale Präsentationen wurden in bezug auf ihre räumliche Aufnahme- und Verwertungsmöglichkeiten verglichen (JONKHEES & VEER, 1958, FISHER & FREEDMAN, 1967; WILCOX, 1969; GARDNER, 1973), und die Rolle der Ohrmuschel wurde erforscht (FISHER & FREEDMAN, 1968). Um die Distanz einer Schallquelle zu schätzen, muss die Schallqualität vertraut sein. Mit unbekannten Schallquellen bleibt jede Distanzeinschätzung relativ (COLEMAN, 1962). Die Raumgrösse und die Tonfrequenz spielen eine wichtige Rolle dabei, jedoch ist der Schall d r u c k die massgebende Komponente. Weiter wurden die Effekte der Latenz und Frequenz (z.B. TOLKMITT, 1974), "signal onset" (PERROT, 1969) auf die Schallortungsleistungen abgeklärt. In diesem Zusammenhang wurden auch visuelle Reize mitpräsentiert, und blinde Personen (CURTIS & WINER, 1969) sowie blinde Ratten (SPIGELMAN & BRYDEN, 1967) wurden getestet.

MUSTERWAHRNEHMUNG

Mittels der Tonortung ist die Fülle der Fähigkeiten der Reizwahrnehmung im Hörraum bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Bei der Tonortung geht es um die Beziehungen zwischen der Schallquelle und dem Eigenkörper. Nicht erfasst werden damit die möglichen räumlichen Beziehungen von Reizquellen zueinander. Konkret stelle man sich vor, dass anstelle eines Tonreizes eine Folge von Reizen von verschiedenen Schallquellen ertönen. Demzufolge lautet die Frage: Welche Grenzen sind der Wahrnehmung von nacheinanderfolgenden Tönen, welche aus verschiedenen Stellen im Raum herkommen, gesetzt?

Von der Arbeit von TOLKMITT (1969) ausgehend, ist es dem Menschen möglich, eine Reihe von nacheinander ertönenden Schallquellen zu orten. Acht Lautsprecher wurden im horizontalen Umkreis aufgestellt. Aus den Schallquellen ertönte eine bestimmte Tonfolge und die einzelnen Schallquellen mussten darnach in ihrer Reihenfolge gezeigt werden.

Das Analysieren von lokalisatorischen Entscheidungen stand im Vordergrund. Durch Verkürzungen der Tondauer pro Lautsprecher konnten komplexere Tonsequenzen schlechter zugeordnet werden. Dies wurde damit interpretiert, dass die Verarbeitungszeit bei zu kurzer Darbietungszeit nicht ausreicht, um komplexere Ortungsprozesse zu vollziehen.

Auch THURLOW et.al. (1965) präsentierten mit Lautsprechern, welche in einem Halbkreis um den Kopf der Vp angeordnet waren, verschiedene akustische Stimuli. Aufeinanderfolgende Tonpaare ("pulse-tone" oder "pulse-pulse") mit unterschiedlicher Distanz, Zeitintervall und Zeitdauer wurden dargeboten. Die wahrgenommenen Tonquellen mussten gezeigt werden, wobei sich durch bestimmte Bedingungen ein lokalisatorischer Nacheffekt auslöste: Wenn ein Pulston in der räumlichen und zeitlichen Nähe eines folgenden toneburstes kam, dann wurde der burst in Richtung ersten Reizes geortet. In einer späteren Arbeit (THURLOW & JACK, 1973) konnte festgehalten werden, dass der erste Reiz überbewertet wird, und dass dieser Nacheffekt sowohl durch Zeit- und/oder durch Intensitätsunterschiede zustande kommen kann.

Aus diesen zitierten Arbeiten ist zu erkennen, dass zwei oder mehrere Schallquellen in ihrer Folge richtig wahrgenommen werden können, und dass die Darbietungszeiten pro Reiz und auch die Schallart eine entscheidende Rolle spielen. Die jeweils verwendete räumliche Anordnung der Schallquellen war jedoch auf der horizontalen Ebene eingeschränkt. Die Fragen, die daran anknüpfen, lauten: Ist der Mensch in der Lage, Tonreize wahrzunehmen, welche in ihrer Abfolge den Raum in horizontaler, diagonaler und vertikaler Richtung durchlaufen? Besteht die Möglichkeit, dass dadurch die Tonortung in den Hintergrund tritt, und dass räumliche Verknüpfungen zwischen den Reizen vordergründig werden? Die weitere Abklärung ist in diesem Kontext von entscheidender Bedeutung. Können einzelne Tonreize bzw. Stimulipunkte in ihrem zeitlich-räumlichen Ablauf schlussendlich das Wahrnehmungsphänomen eines MUSTERS hinterlassen?

ABGRENZUNG ZWISCHEN PUNKT- UND MUSTERWAHRNEHMUNG

Ein Punkt soll hier als ein wahrnehmbarer Reiz definiert werden, welcher in irgend einer Form eine Einzelkomponente ergibt, wie z.B. ein Tonknall, ein Lichtblitz, ein Nadelstich usw.. Ein Muster ist von räumlichen und/oder zeitlichen Zusammensetzungen abhängig, welche in simultane und sequentielle Reize zu unterteilen sind. Die Abstände zwischen den Reizen können un- oder regelmässig verlaufen.

Der entscheidende Unterschied zwischen der Punkt- und Musterwahrnehmung ist dann gegeben, wenn die Musterwahrnehmung mehr als nur eine Reihe von Punktwahrnehmungen ergibt. So kann z.B. die Zusammensetzung von Einzelkomponenten als wahrgenommenes Phänomen eine eigenständige Gliederung aufweisen. Dazu liegen viele Beispiele vor, das prägnanteste im Bereich der Psychologie erfolgte jedoch zu Beginn dieses Jahrhunderts:

Das klassische Phi-Phänomen von WERTHEIMER (vgl. BORING, 1957) beruht auf einer zufälligen Betrachtung einer Lichtreklame, welche in der zeitlich koordinierten Abfolge von einzelnen (objektiv ruhenden) Lampen eine Bewegung zu erkennen gab. Daraufhin wurde im Laboratorium das Phänomen der Scheinbewegung in Bezug auf Distanz, Zeitintervall und Illumination der optischen Reizen erforscht. Auf der Basis der

erforschten Variablen alleine konnten keine gültigen Generalisationen über das Phänomen der Scheinbewegung erstellt werden, denn die sichtbare Bewegung beruht zusätzlich auf dem Faktor der Konfigurationen.

Zusammen mit weiteren Arbeiten von KOFFKA und KÖHLER widersprachen die ersten Gestaltpsychologen dem Konzept von WUNDT u.a., welches die figurale Wahrnehmung einer Reihe von punktuellen Einzelempfindungen gleichsetzte, welche durch die Faktoren der Vertrautheit und Bedeutung zu Mustern assoziiert werden. Die Gestaltpsychologen hingegen vertraten die Theorie, dass nicht Punkte, sondern Muster, Formen und Gestalten unmittelbar wahrgenommen und erlebt werden. U.a. wurde dieses Phi-Phänomen entscheidend für ihre Argumentation: simultan oder sukzessiv dargebotene Reize sind in der Wahrnehmung niemals unabhängige Elemente, welche "und-haft" nebeneinander stehen. Die Unterteilung in "Teilganze" oder Punkte könnten erst sekundär aus der Gestaltwahrnehmung abgeleitet werden. Weiter seien alle Wahrnehmungen als organisierte Gestalten strukturiert, und die Strukturen würden in diesem Sinne unverändert bleiben, obwohl sich deren Bedeutung verändern könnten. Das Phi-Phänomen wäre in Bezug auf die Bewegung als direkte Erfahrung einzustufen, analog zur Wahrnehmung der Helligkeit oder der Farbtöne.

Erklärungen über das Zustandekommen von Musterphänomenen i.S. von sogenannten GESTALTEN, führt noch heute zu theoretischen Auseinandersetzungen. Es würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, diese theoretischen Ansätze im Detail zu besprechen. Erstens beruhen diese Konflikte auf einem historisch-philosophischen Hintergrund. Zweitens sind die psychologischen Arbeiten in diesem Bereich weitläufig. So haben z.B. die Gestalttheoretiker bereits 1930 über 100 Wahrnehmungsgesetze formuliert (siehe z.B. HOCHBERG, 1971). Drittens spielt die Beteiligung des Lernens und der Erfahrung (z.B. PRITCHARD, 1961), der Speicherungsprozesse (z.B. SPERLING, 1960) und der Entscheidungsprozesse (z.B. KLIX, 1976) eine Rolle.

II. GEGENUEBERSTELLUNG DER FORSCHUNGSANSÄTZE BEI HIRNGESUNDEN VERSUCHSPERSONEN

Um die Fähigkeit und Grenzen der menschlichen Wahrnehmung im Hörraum zu erforschen, i.S. der in Kapitel I gestellten Basis, wurde eine neuartige Reizdarbietungsmethode konzipiert. Diese Methode sei an dieser Stelle kurz vorgestellt (eine detaillierte technische Beschreibung folgt in Kapitel III): Die Vp sitzt vor einer Lautsprecherwand mit 10 x 10 quadratisch angeordneten Lautsprechern. Tonmuster werden nun so präsentiert, dass die Lautsprecher sequentiell und unmittelbar aufeinanderfolgend einen Ton produzieren. In einem Zeitpunkt ertönt also jeweils nur ein Lautsprecher.

In einer ersten Untersuchungsreihe variierten RUFF & PERRET (1976)* die Tonmuster: es wurden numerische, alphabetische und geometrische Muster dargeboten. Die ersten Resultate konnten erfolgreich ein neuwertiges Wahrnehmungsphänomen zeigen, was den Ansporn gab, die damit aufgeworfenen Möglichkeiten weiter abzuklären. RUFF & PERRET endeten deshalb auch ihren Artikel mit einer Aufzählung von Fragen:

The results of the present study of auditory spatial pattern perception raise a number of questions to be solved in forthcoming experimental series. *Head movements* have not been adequately controlled nor recorded. No information was gathered about *eye movements* of the subjects, either during or after the presentation of acoustical spatial patterns, and it is impossible to know, therefore, if an attempt was made to track the outline of the patterns while they were being "drawn" on the loudspeaker panel. The vertical high-low localization of acoustical dots or lines being inferior to its horizontal left-right counterpart, the *distortion* of patterns in one or the other direction will affect perception differentially, at least in those cases where the basic spatial axes play an important role. For instance, it may enhance differences between children and adults. Finally, further knowledge must be gained about the optimal capacity of human subjects to perceive auditory spatial patterns. Intensive *learning*, development of specific strategies might reveal possibilities far beyond those studied here.

* Dieser Artikel beruht auf der Lizentiatsarbeit von RUFF (1974): "Auditiv-räumliche Musterwahrnehmung anhand visueller Musterauswahl"; Universität Zürich.

Diese Fragenzusammenstellung erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, sondern präsentiert vielmehr eine von den Autoren als sinnvoll erachtete Auswahl. Sie bildete die Grundlage für diese Arbeit, welche zu den folgenden Themenkreisen Stellung nimmt: Lernmöglichkeiten (Kapitel III), Alteration der Musterformen i.S. einer Verzerrung (Kapitel IV) und Variation der Kopfhaltung und Lautsprecherwandposition mit Beobachtung der visuellen Verarbeitung (Kapitel V).

Dieses Kapitel bezweckt, die Fragenkomplexe generell zu erörtern und erhofft gleichzeitig, einen gewissen Zusammenhang dazwischen herzustellen. Doch bevor die erwähnten Fragen angegangen werden können, müssten die wichtigsten Reizparameter, nämlich Tonfrequenz und Zeitdauer pro Lautsprecherdarbietung, abgeklärt werden.

TONFREQUENZ UND ZEITDAUER

Wie in Kapitel I aufgeführt wurde, ist die auditive Ortungsfähigkeit frequenzabhängig. In der zitierten Arbeit von RUFF & PERRET ergaben sich deutliche Hinweise in dieser Richtung: Darbietungen von 6400 Hz pro Lautsprecher ergaben signifikant höhere Trefferraten für die Muster als Darbietungen von 800 Hz. Weniger eindeutig waren die Befunde, wenn die Zeitdauer pro Lautsprecherdarbietung variiert wurde. Bei 100, 200, 400, 800 und 1600 ms pro Lautsprecherdarbietung traten lediglich Präferenzen bei 200 und 800 ms auf. Zur Abklärung der optimalen Tonfrequenz und Zeitdauer für die auditiv-räumliche Musterwahrnehmung hat Jacqueline SPENGLER* eine Forschungsarbeit durchgeführt. Diese Arbeit sei hier gestreift: Tonfrequenz-Tonlänge Kombinationen wurden (bei Verwendung des lateinischen Quadrates) verglichen, wobei Stufen von Tonfrequenzen in logarithmischen Abständen zwischen 200 bis 10'000 Hz und Stufen von Tonlängen zwischen 50 bis 200 ms verglichen wurden.

* Unpublizierte Lizentiatsarbeit (1975): "Untersuchung zur auditiven Wahrnehmung von räumlichen Tonmustern"; Universität Zürich.

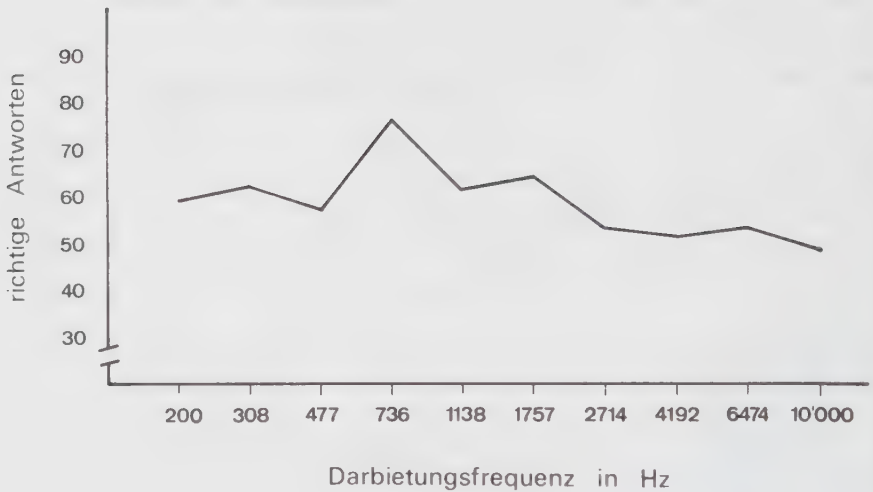
Es wurden die gleichen 18 alphabetischen Muster wie in der Arbeit von RUFF & PERRET für die Darbietungen verwendet. Die Identifikationen fanden mittels visueller Sechserauswahl statt. Wiederum zeigten die erzielten Resultate der 30 Pbn gesamthaft eine gesicherte Identifikationsrate über dem Zufall. In Abbildung 2 sind die richtigen Identifikationswerte in Abhängigkeit der Tonlängen aufgetragen.

Abbildung 2: Einfluss der Darbietungszeit pro Lautsprecher auf die richtigen Antworten



Bei 875 ms wurden im Vergleich zu allen andern Tonlängestufen signifikant - ausser zu 2000 ms - bessere Identifikationsleistungen erzielt (F Tests je $p < .05$). Weiterhin erbrachte der längste Zeitwert im Vergleich zu den drei kürzesten bessere Identifikationsraten ($p < .05$) und die kürzeste Zeit von 50 ms ergab vergleichsweise zu 125, 250, 575 und 1325 und wie schon erwähnt zu 875 und 2000 ms signifikant schlechtere Identifikationswerte (je $p < .05$). In Abbildung 3 sind die zehn Frequenzstufen in bezug auf die richtigen Antworten fest-

Abbildung 3: Einfluss der Darbietungsfrequenz pro Lautsprecher
auf die richtigen Antworten



gehalten. Bei 736 Hz wurden signifikant bessere Identifikationsleistungen erzielt, sowohl gegenüber den tieferen Frequenzen von 200 und 477 Hz (je $p < .05$), als auch gegenüber den höheren Frequenzen von 2714, 4192, 6474 und 10'000 Hz (je $p < .01$). Es sind keine weiteren Vergleiche signifikant ausser dem Unterschied zwischen 1757 und 10'000 Hz, zum Vorteil der niedrigeren Tonfrequenz. Aufgrund dieser Resultate wurden für diese Arbeit als optimale Tonfrequenz 736 Hz und als optimale Zeitdauer 875 ms pro Lautsprecher gewählt.

Bei einer Darbietungszeit von 875 ms kann ferner vermutet werden, dass die einzelnen Tonreize von der Vp noch lokalisiert werden können, was bei einer kürzeren Zeitdauer (von 50 oder 75 ms) - speziell bei den hier unmittelbar aufeinanderfolgenden Reizen - nicht mehr angenommen werden kann. In diesem Kontext sind die Wahrnehmungseffekte, bedingt durch

das Auf- und Abklingen des Schalles ("masking"), ungeklärt. Andererseits könnte man sich bei einer viel länger als 875 ms dauernden Reizzeit eine negativ wirkende Zerstückelung des Gesamtablaufes vorstellen. Zur optimalen Tonfrequenz von 736 Hz ist zu sagen, dass sie innerhalb eines Bereiches liegt, welcher Intensitäts- und Laufzeitdifferenzen ermöglicht. Wie in Kapitel I beschrieben wurde, sind künstlich isolierte Laufzeitdifferenzen über ca. 1200 Hz mehrdeutig.

LERNMOEGLICHKEITEN

Die Frage ist hier, ob durch Lern- und Uebungsprozesse die erreichten Leistungsniveaus übertroffen werden können. In beiden Arbeiten von RUFF & PERRET und SPENGLER schwankten die richtigen Identifikationsquoten zwischen 40 und 50%. Es wurden damit deutlich überzufällige Trefferraten erzielt, während jedoch die Vermutung auftauchte, dass durch Veränderung der Form viel höhere Werte erzielt werden könnten. Aufgrund von Gesprächen mit den getesteten Pbn wurden Vortrainings geplant, welche ausführlich in Kapitel III beschrieben sind. Hier soll zuerst die folgende Frage gestellt werden: Sind Lern- und Uebungsprozesse bei der Wahrnehmung von auditiv-räumlichen Mustern überhaupt möglich?

Dazu sei zuerst versucht, den Identifikationsprozess bei dieser Reizdarbietung in einen sensorischen und einen Entscheidungs- oder Urteilsprozess zu zerlegen. Der sensorische Prozess entspricht der akustisch-räumlichen Informationsaufnahme (Perzeption). Der Urteilsprozess umfasst das Zuordnen dieser sensorischen Information zu dem räumlichen Bezugssystem, welches ermöglicht, die sonst anderweitig bekannte Form, z.B. eines Buchstabens, mit einer im Alltag ungewohnten akustischen Reizkonfiguration, in den richtigen Zusammenhang zu bringen. Die Anteilnahme des Urteilsprozesses ist in verschiedenen Reizsituationen unterschiedlich ausgeprägt, wie z.B. bei der Ortung eines Tones im Raum im Vergleich zu einer Tonfolge. Bei der Zunahme der entsprechenden Anforderungen an den Urteilsprozess sind auch Lern- und Uebungsmöglichkeiten in zunehmendem Masse einortbar. Diese Urteilsprozesse sind anpassungsfähig und können demzufolge eine Leistungsveränderung herbeiführen. Diese Veränderung im Sinne einer Anpassung, kann erstens aufgrund der

Darbietungswiederholung mit zunehmender Zeit zustandekommen. Zweitens kann ein Lernen durch extern beeinflussbare Kontrollen im Sinne eines Feedbacks erfolgen. Diese zwei Arten wurden in den Experimenten in Kapitel III erfasst.

DIE ALTERATION DER MUSTERFORMEN

Darunter ist die räumliche Verzerrung der Musterformen zu verstehen. Damit soll die Bedeutung der horizontalen und vertikalen Komponenten bei der Musterwahrnehmung untersucht werden. Diese Fragestellung knüpft an die der Lernmöglichkeiten insofern an, als hier der Akzent auf die sensorischen Prozesse gelegt ist. (Bei den Lernmöglichkeiten ist er bei den Urteilsprozessen.) Die Vermutung, dass die Musterwahrnehmung von akustisch-räumlichen Tonfolgen wirklich eine Integration der horizontalen und vertikalen Komponenten bedeutet, soll hinterfragt werden. Dazu wurden verschiedene Abstufungen der Verzerrung bei den gleichen numerischen Mustern präsentiert. Dieses Experiment ist in Kapitel IV beschrieben.

LAUTSPRECHERWANDPOSITION, KOPFHALTUNG UND VISUELLE VERARBEITUNG

Der Hörraum umkreist den ganzen Körper. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden die auditiv-räumlichen Muster jedoch nur von einer Stellung her dargeboten. In einer weiteren Untersuchung soll deshalb die folgende Frage geklärt werden: Entstehen Unterschiede, wenn die Reizmuster von verschiedenen Positionen der Lautsprecherwand her dargeboten werden?

Die Erfassung von Tonquellen ist mit motorischen Systemen - speziell mit Bewegungen des Kopfes - verflochten. Eine Untersuchung mit verschiedenen Lautsprecherwandpositionen bedingt, dass die Kopfhaltung konstant eingehalten wird. Zwei Arten von Kopffixation wurden verglichen.

Bei verschiedenen Positionen kann ja die Lautsprecherwand im Gesichtsfeld sein oder auch nur zum Teil bzw. überhaupt nicht. Um daraus entstehende Vor- und Nachteile abzuschätzen, wurde vergleichsweise bei einer Gruppe von Vpn die Augen verbunden.

III. LEISTUNGSNIVEAU DER ALPHABETISCHEN TONFOLGEN

Dieses Kapitel umfasst drei thematische Schwergewichte: Der erste Teil setzt sich mit drei verschiedenen Trainingsarten auseinander, welche ganz allgemein gesagt eine Leistungszunahme im Sinne eines Übungs- oder Lerneffektes bezwecken sollen. Der zweite Teil befasst sich eingehend mit den von der Darbietungsreihenfolge abhängigen Effekten. Dabei werden die Untersuchungen des ersten Teils durch ein weiteres Experiment ergänzt und zusammen analysiert. Im dritten und letzten Teil wird eine Fehleranalyse mit allen hier verwendeten alphabetischen Tonfolgen vorgenommen.

ERSTER TEIL: ÜBUNGS- UND LERNEFFEKTE

Um die Möglichkeit einer Leistungsverbesserung abzuklären, steht eine Vielzahl von methodischen Varianten zur Auswahl. Die hier getroffene Wahl berücksichtigt folgende Anhaltspunkte: Zwischen vorausgegangenen und folgenden Experimenten sollte eine Brücke geschlagen werden. In diesem Sinne war die Frage zu stellen, ob möglicherweise durch die visuellen Hilfsmittel bei der Auswahl Lerneffekte erzeugt werden? Ferner war die Einführung von neuen Hilfsmittel auf eine leicht durchführbare Anwendung in weiteren Experimenten gerichtet. So wurden drei verschiedene Vortrainings konzipiert: Vortraining mit visuellen Auswahlkriterien, Vortraining mit Erfolgskontrolle und Vortraining mit gradueller Zunahme der Reizkomplexität. Diese Variationen wurden in einem Versuchsplan mit drei Experimental- und einer Kontrollgruppe durchgeführt. Das Vorgehen in den Vortrainings wurde möglichst auf die Äußerungen der früher getesteten Pbn abgestützt, welche oft Lernmöglichkeiten erwähnten.

VORTRAINING MIT VISUELLEN AUSWAHLKRITERIEN

Folgende Ausgangslage war gegeben: Bei den allerersten Voruntersuchungen ohne irgendwelche zusätzlichen Auswahlkriterien konnten die Pbn keine Muster identifizieren. In allen bisherigen Arbeiten von RUFF & PERRER (1976) und SPENGLER (1975) wurden deshalb visuelle Auswahlblätter zur Hilfe herbeigezogen. RUFF & PERRET variierten die Auswahlgrösse: drei und sechs visuelle Auswahlsätze (multiple choices) wurden balanciert verglichen, wobei signifikant bessere Identifikationsraten mit der kleineren Auswahl erzielt wurden. Nach den Aufgaben mit visuellen Auswahlätzen folgte bei allen Pbn jeweils als letztes der Versuch, die alphabetischen Muster auch ohne jegliche visuelle Auswahl zu identifizieren. Im Unterschied zu den erwähnten allerersten Voruntersuchungen wurde bei der Bedingung ohne visuelle Auswahl die verbale Instruktion gegeben, es werde sich ausschliesslich um alphabetische Muster handeln. Die Identifikationen fielen bei allen drei Bedingungen (Dreier- Sechserauswahl und verbale Instruktion) signifikant überzufällig aus. Erstaunlich war, dass zwar die Identifikationsrate bei den Dreierauswahlen signifikant höher als bei den Sechserauswahlen und verbaler Instruktion war, dass aber die Treffer bei den Sechserauswahlen nur tendenzweise höher als bei verbaler Instruktion ausfielen. Unkontrolliert waren in diesem Versuch jedoch Reihenfolgeeffekte, d.h. die Bedingung, bei welcher die Auswahl lediglich verbal erfolgte war immer die letzte in der Versuchsreihe. Die Frage stellt sich demnach, ob die signifikanten Identifikationen bei verbaler Instruktion als ein Artefakt der Reihenfolge zu interpretieren sind - oder ob tatsächlich auch ohne visuelle Hilfen signifikante Resultate erzielt werden können?

Folgende Schlussfolgerungen sind bis zu diesem Zeitpunkt möglich: Die Anzahl der visuellen Auswahlmöglichkeiten ist verantwortlich für bessere Resultate. Dadurch wurden eindeutig visuelle Entscheidungshilfen festgestellt, welche von einem Auswahlblatt abhängig sind. Nach Berichten der Pbn konnte man nämlich bei der Dreierauswahl oft das Muster anhand des Anfangstones schon eindeutig identifizieren. Solche entscheidende Auswahlkriterien sind bei einer längeren Auswahlkette weniger

vorhanden oder auch weniger erfolgversprechend. Gerade diese durch die Auswahlblätter geförderten Identifikationsstrategien und die damit erzeugte Leistungszunahme galt es zu umgehen, denn letztendlich kommt man damit dem Verständnis der auditiv-räumlichen Musterwahrnehmung nicht näher. Wieso blieb aber ein signifikanter Unterschied zwischen den Identifikationsraten mit einer visuellen Sechserauswahl und keinen visuellen Hilfen aus? Die mündliche Festlegung, dass es sich ausschliesslich um alphabetische Kleinbuchstaben handeln werde ist selbst auch eine Entscheidungshilfe, indem sie die Auswahlmöglichkeiten einschränkt. Es ergeben sich im Vergleich zur visuellen Auswahl doch zwei Nachteile: Erstens stehen statt 6 insgesamt 26 Buchstaben zur Auswahl, und zweitens entfallen alle visuellen Strategien welche sich direkt* auf das Auswahlblatt beziehen. Keine schlüssige Antwort war zu finden, ausser man postuliert einen Lern- oder Übungseffekt durch die Reihenfolge, (denn die Auswahl mit lediglich verbalen Einschränkungen war immer an letzter Stelle in der Darbietung).

In dem übrigen Datenmaterial von früheren Untersuchungen war eine allgemeine Tendenz der zeitlich bedingten Leistungszunahme angedeutet, jedoch waren statistisch sinnvolle Aufgliederungen durch den graduellen Aufbau von den verschiedensten Präsentationskategorien innerhalb einer Versuchsanordnung verunmöglicht. Um die Frage eines allgemeinen Lerneffektes im Sinne einer zeitlich bedingten Leistungszunahme abzuklären, sowie um verbale Auswahlhilfen mit visuellen zu vergleichen, wurden gekreuzte Vergleiche konzipiert. Die zwei unterschiedlichen Auswahlkriterien wurden bei den gleichen Tonfolgen - in balancierter Darbietungsreihenfolge - getestet. Dazu lautete die allgemeine Hypothese: Wenn ein allgemeiner Lerneffekt zustandekommt, dann sollen die zweiten Präsentationsbedingungen von den vorausgegangenen profitieren. Weiterhin war speziell abzuklären, welches Leistungsniveau anhand dieser zwei Auswahlbedingungen zustandekommt und welche spezifischen Transfereffekte erfolgen, denn es war ungewiss, ob man als erstes ohne visuelle Auswahlhilfen die akustischen Muster überhaupt identifizieren könne.

* Keineswegs soll damit impliziert werden, dass alle visuellen Strategien ohne visuelle Auswahlblätter entfallen.

VORTRAINING MIT ERFOLGSKONTROLLE

Diesem Vortraining liegt der Gedanke zugrunde, dass ein gezieltes Einsetzen von externen Leistungskontrollen einen Lerneffekt zur Folge haben kann. Die Möglichkeit, adäquate Modifikationen von Identifikationsstrategien einzusetzen, basiert doch letztendlich auf der Ueberprüfung mit dem dadurch erreichten Erfolg. In diesem Sinne haben sich die früher getesteten Pbn oft eine Erfolgskontrolle gewünscht, denn auch der Unsicherheitsfaktor bei dieser komplexen Wahrnehmungsaufgabe wurde als unangenehm oder sogar als hemmend empfunden. Konkret auf dieses Experiment zugeschnitten wurde folgendes erwartet: Durch eine sofortige Bewertung jeder Tonfolgenidentifikation können sich bestimmte positive Effekte einspielen, welche sich dann später auch ohne verbales Feedback bezahlt machen können.

Für dieses Training wurden neun alphabetische Muster selektioniert. Bis acht dieser neun dargebotenen Muster richtig identifiziert wurden, wiederholte man den Versuchsablauf. Direkt darnach wurde der Kontrolltest (KT) von 18 Tonfolgen ohne verbales Feedback durchgeführt, und im Vergleich zur Versuchsgruppe ohne jegliches Vortraining wurden bessere Leistungen postuliert.

Der später durchgeführte Kontrolltest enthielt zwei abzuklärende Aspekte. In diesem Sinne war die erste Frage: In welchem Ausmass interferieren die nicht gelernten alphabetischen Muster mit den gelernten? Oder anders formuliert, wieviele der erlernten Buchstaben können unter zufällig verteilten neu dazukommenden auditiven Mustern richtig wahrgenommen werden? Zur Frage nach dem Transfer: Werden ähnliche Muster durch vorangegangene Lernaktivitäten (bis zum neunzigprozentigen Erlernen) begünstigt? Es handelt sich nicht um einen Transfer zwischen Lernprozessen, denn die zu identifizierenden neuen Muster wurden nicht einem gleichwertigen Lernvorgang unterzogen. Konkret handelt es sich um eine Generalisierungsfähigkeit, bedingt durch das Erlernen von akustischen Mustern mit Feedback, welches sich auf nachfolgende Musteridentifikationen positiv auswirken kann.

VORTRAINING MIT GRADUELLER ZUNAHME DER REIZKOMPLEXITÄT

In Abgrenzung zum Vortraining mit verbaler Erfolgskontrolle wurde folgende Alternative selektioniert: Ein gradueller Einstieg in die Musterkomplexität wurde ohne verbales Feedback durchgeführt. Mit der Tonlokalisation wurde angefangen, und darnach folgten akustische Sequenzen, welche in progressiven Schritten Tonlinien ineinanderleiteten. Die alphabetischen Muster des Kontrolltestes bildeten dann den letzten Schritt. Von diesem graduellen Aufbau in die Komplexität der auditiven Musterwahrnehmung wurde im Vergleich zur Kontrollgruppe (ohne Vortraining) eine adäquatere Bewältigung der Aufgabe (Kontrolltest) erwartet. Diese Annahme beruht auf folgenden Überlegungen: (1) Die von den Pbn beschriebene Verwirrung bei den ersten Musteridentifikationen wurde umgangen, denn angefangen wurde mit Tonlokalisationen, welche für die Pbn in ähnlicher Weise auch im Alltag vorkommen können. (2) Ein oft gewünschter logisch erkennbarer Aufbau wurde ermöglicht, welcher zur komplexeren Musterwahrnehmung führte und dadurch eventuell eine Aufschlüsselung zwischen vertrauten Tonlokalisationen (kleinen Informationseinheiten im Sinne von "chunks") bis hin zu den komplexen Mustern ermöglichte. (3) Erst recht wurde durch dieses Vorgehen der Unterschied zwischen einer Punkt- und Musterwahrnehmung erkennbar - um eben die Andersartigkeit einer Mustergestaltung zu verdeutlichen.

VERGLEICHE DER VORTRAININGS

An die durch die KT's erhaltenen Vergleiche zwischen den vier Untersuchungsgruppen wurden folgende allgemeine Erwartungen gestellt: Wenn ein Übungs- und Lerneffekt zutrifft, dann sollten alle Musteridentifikationen mit Vortraining im Vergleich zur Kontrollgruppe entsprechend höhere Identifikationsraten erreichen. Weiter wurden in Abhängigkeit von den drei Vortrainings unterschiedlich ausgeprägte Vorteile postuliert. Dem Verfahren mit der visuellen Auswahl (Gruppe B) wurde im Vergleich zu den anderen (Gruppen C und D) ein weniger ausgeprägter positiver Transfer zugesprochen, denn das Vortraining enthielt weder Wiederholungen, Erfolgskontrollen noch einen graduellen Einstieg. Ein eindeutig höherer Transfer wurde von dem Vortraining mit verbaler Er-

folgskontrolle (Gruppe C) erhofft, denn Identifikationsstrategien mussten bis zum Erfolg hin überprüft und modifiziert werden. Etwas darunter (unter Gruppe C, doch klar vor B) wurde die Leistungszunahme durch den graduellen Einstieg eingestuft. Die dadurch erzielten Vorteile waren im Unterschied zu den verbalen Erfolgskontrollen indirekt, jedoch wurde eine Angewöhnung eingebaut. (Zusammenfassend wurden zwischen den Gruppen folgende Abstufung erwartet: C, D, B und eindeutig unterlegen Gruppe A, ohne Vortraing.)

M E T H O D E

VERSUCHSPERSONEN

Die 64 Vpn waren in vier Gruppen unterteilt, sodass in jeder Gruppe acht Frauen und acht Männer getestet werden konnten. Das Durchschnittsalter betrug 26.4 Jahre ($s = 7.6$), wobei die jüngste Vp 17 und die älteste 43 Jahre alt war. Die Pbn übten verschiedene Berufe aus, und nur etwa ein Fünftel aller Vpn waren Studenten, wovon die Hälfte Psychologie studierte. Keinem der getesteten Teilnehmer waren Hörschäden bewusst. Weiterhin hatte keine der Pbn Vorkenntnisse mit diesen neuartigen experimentellen Aufgaben.

APPARATUREN ZUR PRAESENTATION DER TONFOLGEN

In einer 110 x 110 cm grossen Metallplatte wurden 100 Lautsprecher (Philips WR-903,8 Ohm) eingesetzt. Die Lautsprecher bilden eine gleichmässige 10 x 10 Matrix mit einem horizontalen oder vertikalen Lautsprecherabstand (zwischen den Zentren) von 10 cm. Die Matrix hat somit ein Format von 90 x 90 cm. Für jeden der 100 Lautsprecher konnte die Lautstärke einzeln anhand der Potentiometer eingestellt und aufeinander abgestimmt werden. Diese Apparatur wird in dieser Arbeit als Lautsprecherwand bezeichnet.

Die Vp sass auf einem in der Höhe verstellbaren Stuhl und war mit dem Gesicht der Lautsprecherwand zugewandt. Die Höhe des Kopfes, oder genauer der Ohren war jeweils auf den Zentralpunkt der Wand gerichtet, in einem Abstand von ca. 30 cm. Diese relativ kleine Distanz zum Mittelpunkt wurde aufgrund der Arbeit von ROFFLER & BUTLER (1968b) gewählt, denn die kleinste von ihnen gewählte Distanz führte zu den besten Lokalisationsergebnissen von horizontalen und auch vertikalen Tönen. Bei dieser Distanz war nur ein Ausschnitt der Lautsprecherwand ersichtlich, jedoch durch entsprechende Augenbewegungen waren alle Lautsprecher zugänglich.

Der Winkel von einem Bezugspunkt aus gesehen (Mittelpunkt der Hörkanäle), zwischen dem Zentralpunkt auf der Lautsprecherwand und dem äussersten Lautsprecher, auf der vertikalen oder horizontalen Achse, betrug somit 56° . Die Schalleinfallswinkel zwischen zwei benachbarten Lautsprechern variierten innerhalb der Matrix um den Faktor Zwei, denn der kleinste Winkel ist 6.8° (horizontal oder vertikal in einer Ecke) und der grösste 13.3° (Diagonale in der Mitte der Lautsprecherwand).

Getestet wurde in einer normal beleuchteten, jedoch schallgedämpften Kabine (Modell Amplifon, $2 \times 2 \times 2$ m in der Grösse). Durch ein Fenster waren dem V1 Beobachtungen möglich, und mittels einer Gegensprechanlage war der Kontakt zum Pb gewährleistet. Die vom V1 zu bedienenden Steuergeräte wurden direkt beim Fenster der Testkabine aufgestellt. Die Tonfolge wurde mittels eines Lochstreifens bestimmt, welcher während der Darbietung von der Steuereinheit simultan verarbeitet wurde (Lautsprecherwand und Lochstreifenleser konstruiert von DARTRONIC.) Die Schaltzeit zwischen zwei angrenzenden Lautsprechern ergab keine wahrnehmbare Pause. Ein Transistorenoszillator (LEVELL Modell - RC - Typ TGl500M) bestimmte die Tonfrequenz und hielt eine Signalamplitude von .3 Volt fest. Die Präsentationszeit war 875ms pro Lautsprecher und die Tonfrequenz 736Hz, beruhend auf den bereits erwähnten Resultaten von SPENGLER (1975).

VORGEHEN

Einleitend ist der gesamte Versuchsplan in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Versuchsbedingungen

Anzahl der Pbn pro Gruppe	Vortraining		
A: 16	Kein Vortraining	K	
		O	
B: 16	Identifikation von alphabetischen Tonfolgen anhand visueller Sechser- auswahlen	N	T
		T	E
		R	S
C: 16	Erlernen von neun alphabetischen Tonfolgen mit Feedback	O	T
		L	
		L	
D: 16	Graduelle Zunahme der Reizkomplexität		

Der Kontrolltest (KT) bestand aus folgenden akustisch dargebotenen Kleinbuchstaben: b, z, u, h, m, s, r, v, o, e, n, g, l, a, w, c, p und d (in ihrer Darbietungsreihenfolge aufgeführt). Im Anhang in Abbildung 14 sind diese alphabetischen Tonfolgen detailliert dargestellt. Die Pbn wurden jeweils instruiert, dass es sich ausschliesslich um alphabetische Muster handle, und die Schreibweise der Buchstabenformen wurde besprochen. Die Vpn mussten ihre Identifikationen selbst auf einem numerierten Blatt aufschreiben. Der vorprogrammierte Ablauf der Präsentationen begrenzte die Antwortzeiten auf etwa sieben Sekunden zwischen den Darbietungen. Jegliche verbale Erfolgskontrolle wurde vom V1 während des KT's unterlassen. Dieses Vorgehen für die Durchführung des KT's blieb bei allen 64 Pbn konstant.

Um gekreuzte Vergleiche zu ermöglichen, wurde bei der Versuchsgruppe A das Vortraining der Gruppe B (mit der visuellen Sechserauswahl) n a c h dem KT durchgeführt. Im folgenden werden die Vortrainings, welche auf Tabelle 1 stichwortartig aufgeführt sind, eingehend umschrieben. Zum Vortraining der Gruppe B: die visuellen Sechserauswahlen wurden zufällig, unter Berücksichtigung des ganzen Alphabetes, für jedes der dargebotenen Muster zusammengestellt. Die Auswahl enthielt jeweils sechs

verschiedene Kleinbuchstaben, wobei der zu identifizierende Buchstabe in seiner Position innerhalb der Auswahlen variiert wurde. Das visuelle Auswahlblatt stand den Vpn während der Testdauer ununterbrochen zur Verfügung. Die Pbn wurden aufgefordert, das akustisch präsentierte Muster anhand der entsprechenden Auswahl zu identifizieren und dann einzukreisen. Von Seiten des Vls fanden keine verbalen Erfolgskontrollen statt.

Vortraining der Gruppe C: Anhand von Antworttendenzen aus dem bis zu der Zeit gesammelten Datenmaterial der Gruppen A und B wurden zwei Gruppen von je neuen Buchstaben *parallelisiert* (u.a. mittels t Tests für abhängige Stichproben; für Gruppe A $p = .7$ und B $p = .8$). Eine der daraus entstandenen Buchstabengruppe, nämlich a, c, e, h, m, o, r, u und w, wurde jeder Vp vorgestellt, wobei der Kleinbuchstabe vom V1 vor der entsprechenden akustischen Präsentation bekanntgegeben wurde. Voruntersuchungen mit dieser Art von Vortraining hatten gezeigt, dass bei dem Erlernen von einer bestimmten Anzahl von Mustern die Vpn eine Eliminationsstrategie zu Hilfe nahmen, bei welcher innerhalb einer kleinen Buchstabengruppe von sechs oder auch neun die bereits dargebotenen Muster die Treffsicherheit für die restlichen erhöhten. Aus diesem Grunde wurden die zu lernenden Muster nicht als eine Neuereinheit (Set) dargeboten. Zusätzlich zur alternierenden Reihenfolge wurden einzelne Kleinbuchstaben zufällig wiederholt, sodass innerhalb von 12 Darbietungen drei der neun Buchstaben wiederholt wurden. Jede Antwort wurde vom V1 auf ihre Richtigkeit hin beurteilt und der Vp mitgeteilt. Dieses Prozedere wurde durchgeführt, bis acht der neun Kleinbuchstaben hintereinander richtig identifiziert wurden.

Vortraining der Gruppe D: Ein *graduelles* Training wurde durchgeführt, angefangen mit Tonlokalisationen von einzelnen Lautsprecherpositionen und schrittweise weitergeführt bis zur komplexen alphabetischen Musteridentifikation des KTs. Im ersten Schritt mussten 16 verschiedene Tonpositionen einem der Quadranten auf der Lautsprecherwand zugeordnet werden. Die dafür verwendeten Lautsprecherpositionen befanden sich in den vier Ecken der Wand, d.h. in einer jeweiligen Matrix von drei mal drei Lautsprechern. Dementsprechend waren die vier Zuordnungsmöglichkeiten: rechts oben oder unten bzw. links oben oder unten.

In einem zweiten Schritt wurden die akustischen Sequenzen in Form einer Tonlinie eingeführt, analog zu den früher verwendeten Tonlinien von RUFF & PERRET (1976). Eine Tonlinie bestand aus sechs benachbarten Lautsprecherpositionen, angeordnet innerhalb einer Lautsprechermatrix von sechs mal sechs Lautsprechern. Dieses Lautsprechermatrix war zentriert. Durch das Verbinden je zweier Eckpunkte dieser Matrix waren insgesamt 12 Tonlinien möglich, je zwei horizontale, diagonale und vertikale, wobei jede dieser Verbindungslinien in beiden Richtungen dargeboten wurden.

In einem dritten Schritt mussten die Vpn drei bis fünf aneinandergrenzende Tonlinien, welche sich innerhalb des gleichen Präsentationsfeldes wie in Schritt zwei abspielten, auf einem Blatt wiedergeben. Das Antwortblatt enthielt 12 vorgezeichnete Quadrate, alle aufgeteilt nach Quadranten. Beim Aufzeichnen der Antworten mussten die Richtungen bzw. der Verlauf der Tonlinien durch einen Pfeil gekennzeichnet werden. Diese drei bis fünf Tonlinienverbindungen hatten bereits - ohne die Kenntnis der Vpn - die Konturen von einfachen Kleinbuchstaben analog den Mustern a, c, n, o, r, s, u und z umrissen. Diese acht Kombinationen von horizontalen, diagonalen und vertikalen Tonlinien bildeten den Uebergang zum letzten Schritt, dem Kontrolltest, welcher in diesem progressiv schwieriger werdenden Vortraining das nächste Glied bildete. Der Versuchsgruppe D wurde ein verbales Feedback über die Richtigkeit der Antworten in allen Schritten vorenthalten.

R E S U L T A T E

DIE LEISTUNGEN DER VORTRAININGS

Die Gruppen A und B unterscheiden sich im methodischen Vorgehen lediglich in der zeitlichen Reihenfolge zwischen dem Kontrolltest (KT) und den gleichen Tonfolgen mit visuellen Hilfsmitteln, welche in Gruppe A Trefferquoten von 24% (für KT) und 64% (visuelle Hilfsmittel) erreichten und in Gruppe B 53% (visuelle Hilfsmittel) und 38% (KT). Die ermöglichten Vergleiche wurden auf der Basis von drei Faktoren zusammen analysiert: (1) Auswahlverfahren (von den visuellen Sechserauswahlen oder der mündlichen alphabetischen Auswahl des KTs), (2) zeitliche Reihenfolge dieser Auswahlverfahren und (3) Geschlechtsdifferenzen der Leistungen. Die entsprechenden Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Tabelle 2 festgehalten.

Tabelle 2: Gekreuzte Vergleiche der durchschnittlichen Treffer in den Gruppen A und B

Darbietungs- reihenfolge	Geschlecht	mündliche Einschränkung	visuelle Sechserauswahl
an erster Stelle	Frauen	M ^a 3.75	8.25
		s ^b 0.71	3.80
	Männer	4.50	10.75
		2.33	3.50
an zweiter Stelle	Frauen	5.25	11.29
		3.24	2.23
	Männer	8.63	12.00
		4.93	2.83

^aM = Mittelwert

^bs = Standardabweichung

Mittels einer dreifachen Varianzanalyse wurden für alle drei Faktoren signifikante Resultate erzielt (je $p < .05$), es ergaben sich jedoch keine gesicherten Interaktionen (p zwischen .2 und .8; siehe Tabelle 26 im Anhang). Die Scheffé F Vergleiche ergaben signifikante Unterschiede erstens zu Gunsten der Musteridentifikationen mit visuellen Sechserauswahlen ($p < .001$), zweitens für die späteren Darbietungskategorien ($p < .01$) und drittens für die Antworten der Männer ($p = .03$).

Zum Training der Gruppe C: Das Erlernen von acht der neun Buchstaben erfolgte bereits nach durchschnittlich 3.44 Durchgängen, mit einer Standardabweichung von 1.03. (Ein Durchgang enthielt 12 Buchstaben, wobei drei der neun zu lernenden Buchstaben wiederholt wurden.) Der Mittelwert der falschen Identifikationen war 7.5 mit $s = 4.94$. Eine positive Korrelation bestand zwischen den Fehlern und der Anzahl der benötigten Durchgänge; (SPEARMAN Rang Korrelation t von $r_s = 8.73$; $df = 14$; $p < .01$). Der prozentuale Fehleranteil von allen Antworten in dieser Lernserie betrug lediglich 18%.

Im ersten Schritt der Gruppe D ergaben sich bei den Tonzuordnungen in einen der Lautsprecherwandquadranten signifikant mehr vertikale Verwechslungen im Vergleich zu den horizontalen (t Test für abhängige Stichproben, $p < .001$; vertikale Verwechslungen 39.8%, horizontal nur 6.3%). Zwischen den linken und rechten Zuordnungsfehlern zeigten sich keine signifikanten Unterschiede ($p = .21$), doch wurden die Tonpräsentationen in der unteren Hälfte signifikant mehr den oberen Quadranten zugeordnet als umgekehrt ($p < .001$).

Im zweiten Schritt wurden 48% der Tonlinien richtig wahrgenommen. Keine signifikanten Unterschiede ergaben sich zwischen den richtigen Antworten für die horizontalen, vertikalen und diagonalen Linien, jedoch fanden ganz spezifische Verwechslungen statt. Bei den vertikalen Präsentationen gab es hauptsächlich hoch-tief Verwechslungen, wobei es bei den diagonalen und horizontalen Linien eher Winkel- und Vertikalverschiebungen, hingegen fast keine links-rechts Verwechslungen gab.

Bei der dritten Aufgabe, in welcher drei bis fünf Tonlinien aneinander aufgezeichnet werden mussten, hatte man gesamthaft 40% richtig wahrgenommen. Eine später durchgeführte Serie von Experimenten (Kapitel V) beschäftigte sich eingehender mit Tonlinien und den Fehlervariationen und erbrachte auch systematische Vergleichsbedingungen, denn die Fehler in diesem dritten Schritt variierten zu stark und die Voraussetzung für eine systematische Analyse war weder intendiert noch post-hoc sinnvoll durchführbar.

Da diese drei bis fünf Tonlinien in ihrer endgültigen Form analog zu acht Buchstaben waren, wurden die Antworten im KT für die gleichen Buchstabenformen mit den restlichen zehn alphabetischen Tonfolgen verglichen. Als Kontrolle für die Gegenüberstellung dieser zwei Buchstabengruppen wurden die Resultate des KTs von Gruppe B hinzugezogen. In einer zweifachen Varianzanalyse waren erstens die richtigen Antworten des KTs zwischen den Gruppen B und D nicht signifikant unterschiedlich ($p = .34$; siehe Tabelle 27 im Anhang). Zweitens waren die Resultate zwischen den zwei Buchstabengruppen unterschiedlich ($p = .051$): Unerwarteterweise war diese Differenz auf die Resultate der Gruppe B zurückzuführen (Achtergruppe $M = 7.63$, $s = 1.19$ und Zehnergruppe $M = 5.10$, $s = 3.03$) und war innerhalb Gruppe D nicht ausgeprägt (Achtergruppe $M = 5.88$, $s = 1.31$ und Zehnergruppe $M = 5.40$, $s = 2.41$).

VERGLEICHE DER KONTROLLTESTS

In Abbildung 4 sind die prozentualen Identifikationsraten der KTs der verschiedenen Versuchsgruppen einander gegenübergestellt, welche einzeln betrachtet alle signifikant über den erwarteten Zufallswerten liegen (Chi-Quadrat für Proportionen, je $p < .05$). In Tabelle 3 sind die Mittelwerte der Gruppenleistungen angegeben und unterteilt nach Geschlecht. Mittels einer zweifachen Varianzanalyse erreichten beide Faktoren Signifikanz (Geschlecht $p = .02$ und Gruppen $p = .02$), die Wechselbeziehung blieb jedoch aus ($p = .4$); siehe Tabelle 28 im Anhang. Die post-hoc durchgeführten Scheffé F Vergleiche ergaben einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen A und C zu Gunsten

Abbildung 4: Prozentual richtige Antworten der KTs



Tabelle 3: Durchschnittliche Treffer in den KTs

PBN		GRUPPEN			
		A	B	C	D
Frauen N = 8	M	3.75	5.25	7.38	4.75
	s	0.71	3.24	3.07	2.05
Männer N = 8	M	4.50	8.63	7.50	7.88
	s	2.33	4.93	2.50	4.26
Σ N = 16	M	4.13	6.94	7.44	6.31
	s	1.71	4.39	2.71	3.61

der letzteren ($p = .04$); die multiplen t Test Vergleiche erbrachten im Vergleich zur Versuchsgruppe A (ohne jegliches Vortraining) signifikant bessere Leistungen für die Gruppe B ($p = .02$), C ($p < .01$) und D ($p = .05$). Im Vergleich zu den getesteten Frauen wurden von den Männern mehr richtige Antworten erzielt (Scheffé F, $p = .02$).

Die erlernten Muster der Gruppe C im Kontrolltest. Um die neun erlernten alphabetischen Muster im KT weiterzuverfolgen, wurden die Antworten der 18 Muster im KT nach diesen zwei Buchstabengruppen aufgeteilt. Vergleichsweise wurde diese Trennung in Gruppe D durchgeführt.* Einzig in Gruppe C zeigte sich zwischen diesen zwei Buchstabengruppen ein signifikanter Unterschied (t Test für abhängige Stichproben, $p < .001$). Dieser stark ausgeprägte Unterschied zwischen den zwei Buchstabengruppen in den KT-Antworten der Gruppe C gab Anlass zur Vermutung, dass nach dem Training das Neuner-Buchstaben-"Set" im KT (im Vergleich zur restlichen alphabetischen Auswahl) bevorzugt werden würde. Eine solche allgemeine Bevorzugung der erlernten Muster in der späteren KT-Auswahl könnte den Unterschied mit beeinflussen. Diese Vermutung fand jedoch keine Bestätigung, denn aus den gesamthaft 169 falschen Antworten der 16 Vpn im KT stammten 49% der Buchstabenidentifikationen aus dem "Set" der erlernten Muster. Die restlichen 51% wurden von den übrigen 15 Buchstaben des Alphabets selektioniert.

* Man erinnere sich daran, dass sich die Parallelisierung für diese zwei Buchstabengruppen auf den Daten der KTs von den Gruppen A und B abstützt und deshalb lediglich der Vergleich zur Gruppe D aussagekräftig sein kann: in Gruppe D "gelernte" Buchstabengruppe $M = 5.78$, $s = 1.64$, $N = 9$ und "nicht gelernte" $M = 5.44$, $s = 2.24$, $N = 9$.

ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

Die durch die verschiedenen Vortrainings herbeigeführte Leistungszunahme war bei den Kontrolltests im Vergleich zur Kontrollgruppe zwar vorhanden, aber das dadurch erreichte Leistungsniveau schwankte lediglich um 40%. In bezug auf die in den verschiedenen Gruppen stark variierenden Vortrainings war das Ausbleiben von unterschiedlich erzielten Erfolgsraten unerwartet. Erstaunlich war die gleichwertige Trefferrate der Gruppe B (mit visueller Auswahl) im Vergleich zu den viel aufwendigeren Vortrainings der Gruppen C und D. Daraus könnte man die Schlussfolgerung ziehen, dass die alphabetische Musteridentifikation nicht massgebend auf die Art des vorausgegangenen Trainings anspricht.

Die stark ausgeprägten Geschlechtsunterschiede ergeben einen Hinweis, dass speziell in den Bedingungen B und D (siehe Tabelle 3) die daraus zu erschiessenden Vorteile von den einzelnen Pbn ganz unterschiedlich ausgenutzt wurden. Hingegen war gerade in den beiden Gruppen B und D das jeweils angewandte Vorgehen nie auf seine Richtigkeit hin zu überprüfen; dies könnte eine solche Leistungsschwankung zwischen den verschiedenen Pbn miterklären.

Nun einige Bemerkungen zu den einzelnen Vortrainings; Gruppen A und B: In Anlehnung an die Befunde von RUFF & PERRET (1976) kann anhand dieser Daten folgende Ergänzung stattfinden: die Vorteile der visuellen Hilfsmittel gegenüber einer blossen mündlichen Festlegung der Musterkategorie wurden eindeutig belegt. Weiterhin eindeutig waren, nach den gekreuzten Vergleichen zwischen der Gruppe A und B, die Leistungszunahmen bedingt durch die Darbietungsreihenfolge. Diese Tendenz war bei beiden Präsentationsarten ausgeprägt. Der postulierte allgemeine Lern- oder Uebungseffekt wurde somit bestätigt. Zur speziellen Frage, ob das Verfahren mit den visuellen Hilfsmitteln umgangen werden kann, soll in der Zusammenfassung und Diskussion des zweiten Teils dieses Kapitels Stellung genommen werden.

Bei der Gruppe C war der äusserst geringe Fehleranteil im Vortraining von lediglich 18% falschen Antworten eher unerwartet. Eine solch hohe Trefferrate war zuvor und auch seitdem nie mehr erreicht worden, und es ist deshalb mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass andere Identifikationskriterien an diesem Erfolg mitbeteiligt waren. Naheliegend ist folgende Erklärung: Der Buchstabe wurde vor der Präsentation der Tonfolge jeweils bekanntgegeben, und somit war die Möglichkeit gegeben, sich Merkmale des Musters einzuprägen, welche dann in der späteren Wiederholung halfen, das Muster wieder zu erkennen. Die hier angenommenen differenzierenden Mustermerkmale beschränken sich nicht auf die unterschiedliche Formausbreitung zwischen den alphabetischen Tonfolgen, sondern auch nur auf Teilaspekte davon (inklusive den durch einzelne Lautsprecher erzeugten unterschiedlichen Tonqualitäten, welche nach Äusserungen der Pbn für eine Differenzierung fördernd sein konnten). Eine Generalisierung oder auch der erwartete positive Transfer kam im KT überhaupt nicht zustande, denn die neu dazu gekommenen Muster (im KT) wurden im Vergleich zur Gruppe D nicht besser identifiziert, bzw. die hohe Trefferrate verschwand.

In Gruppe D waren die Ergebnisse innerhalb des Vortrainings erwartungsgemäss ausgefallen. Die daraus für den KT zu entnehmenden Vorteile waren sehr indirekt, doch die erzielten Resultate bestätigten einen Lerneffekt. Zwischen den getesteten Pbn variierten die richtigen Antworten massiv, so schwankte zum Beispiel der Profit von 11% zu 89%.

ZWEITER TEIL:

VERLAUFSKURVE DER ALPHABETISCHEN MUSTERIDENTIFIKATIONEN

Als erstes soll in diesem zweiten Teil ein Experiment vorgestellt werden, welches den zeitlichen Verlauf bei alphabetischen Darbietungen erfasst. Anschliessend werden die Daten des ersten Teiles mit einbezogen, um die Frage nach dem zeitlichen Verlauf gesamthaft zu beantworten.

VERLAUFSKURVE

Jedes Experiment mit einer Darbietungsreihenfolge von ähnlichen sich wiederholenden Aufgaben muss den zeitlichen Verlauf der Antworten abklären. In diesem Falle wird jedoch dieser Abklärung eine weit bedeutendere Rolle zugeschrieben. Das gleichwertige Leistungsniveau, trotz stark unterschiedlichen Vortrainings, führte zur Schlussfolgerung, dass der *zeitliche* Faktor für die Leistungszunahme massgebend ist. Als Konsequenz daraus entstand folgende Frage zur Ueberprüfung dieser Schlussfolgerung: Ist eine ähnliche Leistungszunahme - analog zu den Kontrolltests nach den drei Vortrainings - auch durch die Wiederholung von alphabetischen Reizen ohne weitere Hilfsmittel (also primär zeitlich bedingt) zu erreichen?

M E T H O D E

Versuchspersonen: Das Durchschnittsalter der 18 Vpn war 24.3 Jahre und variierte zwischen 20 und 35 Jahren ($s = 4,3$). Die neun Frauen und die neun Männer übten verschiedene Berufe aus. Alle Probanden hatten keine vorhergehenden Erfahrungen mit den verwendeten Testaufgaben und stellten weiterhin keine subjektive Beeinträchtigung des Gehörs fest.

VORGEHEN

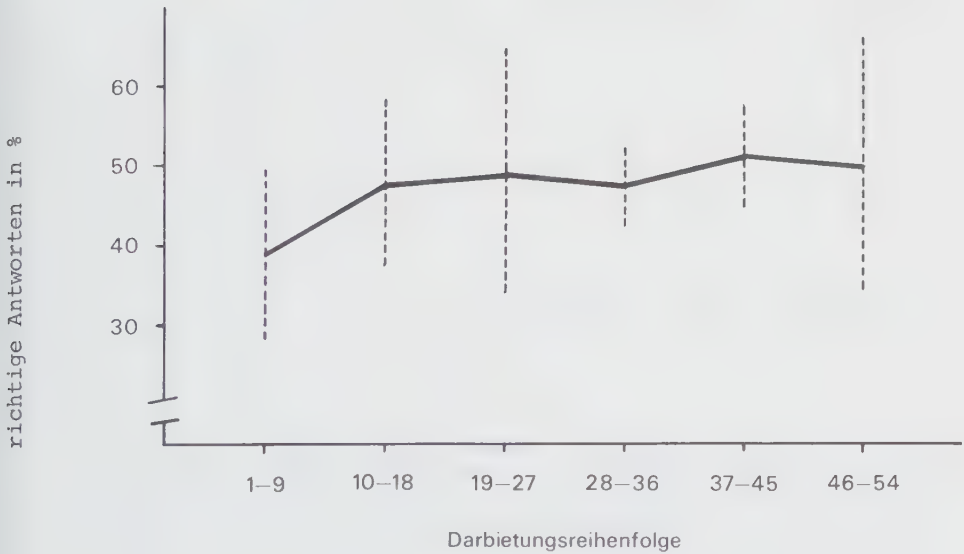
Um über den zeitlich bedingten Leistungsverlauf der auditiven Musterwahrnehmung aussagekräftige Resultate zu erhalten, wurden von jeder Vp 54 Identifikationen verlangt. Die dafür benötigte Testdauer war etwa eine Stunde. Die 54 Tonfolgen entsprachen effektiv der dreimaligen Wiederholung der in Teil Eins verwendeten Kontrolltests (KT). Die Reihenfolge der 18 Buchstaben des KTs wurde für die 18 Vpn so variiert, dass alle Buchstaben intraindividuell gesehen einmal an jeder Stelle vorkamen. Gesamthaft entstanden somit 18 Anordnungen, von denen drei pro Vpn zufällig kombiniert die 54 Reizdarbietungen ausmachten.

Die Pbn wurden instruiert, die Kopfbewegungen während der Präsentation zu unterlassen. Explizit wurde darauf hingewiesen, dass es sich ausschliesslich um alphabetische Musterdarbietungen handle. Die Schreibweise bzw. die akustische Darbietungsart der verwendeten Kleinbuchstaben wurde besprochen. Die Pbn wurden aufgefordert, die Antworten auf einem nummerierten Blatt selber aufzuschreiben. Um innerhalb der relativ langen Serie von 54 Darbietungen eine Verschiebung auf dem Antwortblatt zu vermeiden, wurden nach 18 Präsentationen Kontrollen eingebaut. Neu dazu kam eine Selbstauslösung des folgenden Reizmusters, d.h. die Antwortzeiten konnten von der Vp individuell bestimmt werden, denn das nächste Muster wurde durch einen Knopfdruck vom Pb selbst ausgelöst. (Dieses Verfahren unterscheidet sich von dem bis zu diesem Zeitpunkt verwendeten Vorgehen, denn es sei darauf hingewiesen, dass bei dem KT die Antwortzeit zwischen den Präsentationen auf etwa sieben Sekunden beschränkt war.) Nach den Instruktionen verlief dementsprechend der experimentelle Ablauf ohne jeglichen Kontakt zwischen Vp und Vl.

R E S U L T A T E

Die Verlaufskurve der prozentual richtigen Antworten wurde in Abbildung 5 so festgehalten, dass ein Durchschnittswert von je neun aufeinanderfolgenden Darbietungen die sechs Bezugspunkte bilden. Mittels einer einfachen Varianzanalyse hatte man diese sechs Abschnitte verglichen, welches keine Signifikanz zur Folge hatte ($df = 5$; $MQ = 5.57$; $F = 1.26$; $p = .3$).

Abbildung 5: Verlaufskurve



NB: die vertikal gestrichelten Linien
entsprechen den Standardabweichungen

GESAMTHAFTE GEGENUEBERSTELLUNG DER DARBIETUNGSREIHENFOLGE

Die 18 Tonfolgen des KT's der vier Untersuchungsgruppen A, B, C und D (beschrieben in Teil Eins) und die 54 alphabetischen Darbietungen bzw. die dreimalige Wiederholung des KT's (Teil Zwei), welche zu diesem Zwecke als Verlaufstest 1, 2 und 3 bezeichnet werden, sind in Tabelle 4 einander gegenübergestellt. Die Darbietungsreihenfolge der

Tabelle 4: Aufteilung der richtigen Antworten im KT
mittels Darbietungsabschnitten

Darbietungs- reihenfolge		Kontrolltest nach Vortraining der Gruppen				Verlaufstests			Σ
		A	B	C	D	1	2	3	
1 - 6	M	4.17	7.17	7.00	4.83	6.67	3.17	9.33	6.76
	s	2.32	2.48	3.58	1.47	2.25	3.19	2.24	3.06
7 - 12	M	3.67	6.67	6.67	5.03	7.50	9.00	9.33	6.95
	s	1.75	1.97	3.88	2.40	1.22	1.67	2.24	2.85
13 - 18	M	3.83	4.67	6.17	6.17	9.17	8.67	8.67	6.76
	s	1.72	2.88	3.49	1.83	1.94	1.03	2.88	3.04
1 - 18	M	3.89	6.17	6.61	5.61	7.78	8.61	9.11	
	s	1.92	2.65	3.59	1.98	2.05	2.06	2.17	

18 Muster der KT's wurde in den Zeilen dieser Tabelle 4 in drei Abschnitte von je 6 Muster unterteilt, und die Mittelwerte und Standardabweichungen der richtigen Identifikationen sind aufgeführt. Die sieben Kolonnen entsprechen den vier Gruppen und den drei Verlaufstests. Mittels diesen in Tabelle 4 aufgeführten Werten hatte man eine zweifache Varianzanalyse gerechnet, welche für den Faktor der Darbietungsreihenfolge keine Signifikanz ergab ($p = .9$; siehe im Anhang Tabelle 29). Hingegen war der Faktor der verschiedentlich

angewandten KTs hoch signifikant ($p < .001$). Die daraufhin errechneten multiplen t Tests ergaben folgendes Bild: Die Resultate der Gruppe A waren im Vergleich zu allen anderen signifikant schlechter ausgefallen (je $p < .05$). Unerwarteterweise waren die Verlaufstests 1, 2 und 3 im Vergleich zur Gruppe B oder auch D höher ausgefallen (je $p < .05$). Weiterhin waren die Verlaufstests 2 und 3 signifikant höher als der KT der Gruppe C (je $p < .05$). (Alle anderen t Testvergleiche waren über der Signifikanzschranke von $p = .05$ und schwankten zwischen $p = .1$ und $.4$.)

ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

Im Verlaufsexperiment war trotz dem Ausbleiben von signifikanten Unterschieden zwischen den Abschnitten eine Leistungszunahme vorhanden, speziell in den ersten 18 Darbietungen. In den weiteren 36 Darbietungen pendelte sich ohne allzu grosse Schwankungen ein Leistungsniveau (eventuell sogar ein Plateau) von rund 50% richtigen Identifikationen ein. Damit sah sich die Annahme einer zeitlich bedingten bzw. eine durch den zeitlichen Verlauf ermöglichte Leistungssteigerung teilweise bestätigt.

In der gesamthaften Gegenüberstellungen kamen jedoch lauter widersprüchliche Befunde zum Vorschein. (1) In den verschiedenen Untersuchungsgruppen war die Richtung der zeitlich bedingten Leistungsveränderungen direkt entgegengesetzt. Der zeitlich in den drei Abschnitten festgehaltene Verlauf ergab in den Gruppen B, C und auch A eine Leistungsabnahme, und in Gruppe D und im Verlaufstest 1 war eine deutliche Leistungszunahme vorhanden. (2) Auch zwischen den Untersuchungsgruppen A bis D passte im Vergleich zu dem Verlaufsexperiment (Verlaufstest 1 bis 3) nichts mehr zusammen. Bei den gleichen 18 Tonfolgen des Kontrolltests - ohne jegliches Vortraining - wurden von den zwei Versuchsgruppen (Gruppe A im Vergleich zum Verlaufsexperiment 1) signifikant unterschiedliche Trefferraten erzielt. Weiterhin waren die erreichten Resultate der 48 Pbn nach zum Teil aufwendigen Vortrainings (in den Gruppen B, C und D) den Leistungen der 18 im Verlaufsexperiment getesteten Pbn weit unterlegen, welche mit einer Ausnahme (Verlaufstest 1 mit Gruppe C) durchwegs signifikant höhere Identifikationsraten ohne Vortraining erbrachten.

(1): Für die unterschiedlichen Leistungsveränderungen waren im Kontext von Lern- und Übungeffekten keine stichhaltigen Anhaltspunkte abzuleiten. Bis auf weiteres bleiben deshalb die Erklärungen für diese "entgegengesetzten" Tendenzen im Verlauf offen, und massgebend wird die gesamthafte statistische Auswertung, in welcher in bezug auf alle Gruppen gesehen jegliche signifikanten Festlegungen fehlten.

2): Dieses unerwartet hohe Leistungsniveau der Vpn im Verlaufsexperiment ist retrospektiv am ehesten auf einen methodischen Vorteil zurückzuführen; mittels einer Drucktaste konnten diese Pbn die folgende Tonfolge selbst auslösen. Diese apparative Modifikation wurde primär zur Erleichterung des Vl eingeführt, denn folgendes Vorgehen hatte sich bis zu diesem Zeitpunkt eingespielt: Um die Leistungen nicht durch beschränkte Antwortzeiten zu hemmen, wurde auf spontanen Wunsch der Pbn hin das Steuergerät gestoppt. Eine somit verlängerte Antwortzeit (programmiert waren sechs bis sieben Sekunden) wurde noch am ehesten zu Beginn des Experimentes gefordert und darnach praktisch nie mehr. Durch die eingeführte methodische Aenderung ahnte man einerseits einen von der Selbstbestimmung abhängigen Vorteil. Andererseits dachte man, dass diesem die Waage gehalten würde durch das Ausfallen aller Aeusserungen des Vl während der Durchführung, welche prinzipiell als ermutigend und leistungsverstärkend intendiert waren. Diese Ueberlegungen trafen offensichtlich überhaupt nicht zu, und die Selbstauslösung vermochte sogar die Vorteile eines Vortrainings zu übertreffen.*

Aus beiden Teilen des Kapitels wird ersichtlich, dass der alphabetischen Tonfolgewahrnehmung bestimmte Schranken gesetzt sind. Mittels der Vortrainings konnte das Leistungsniveau nicht entscheidend erhöht werden. Die Rolle des Lern- und Uebungseffektes konnte nicht klar und differenziert abgesteckt werden, denn methodische Effekte überschatteten das gewonnene Bild. Trotz den vielen unschlüssigen Fragen wurden jedoch die Hauptfragen geklärt. Die Grenzen der Identifikationshöhe wurden somit aufgedeckt, und aus diesem Grunde soll nicht länger auf diesem Gebiet verharret werden, ohne mehr über das Wahrnehmungsphänomen zu

* Um sich ein Bild von den positiven Effekten der Selbstbestimmung zu machen, sind hier einige mögliche vorteilhafte Punkte erwähnt: Die Pbn konnten je nach Bedarf die Antwortzeiten sich selbst anpassen, das heisst z.B. langsam zu Beginn und immer schneller werdend gegen Ende. Eine Bereitschaft für den Start der nächsten Tonfolge war automatisch gegeben. Die Vpn profitierten eventuell auch vom Gefühl, dass sie sich selbst überlassen sind - ohne Stress. Das Niederschreiben der Antworten konnte jeweils zur gewünschten Zeit stattfinden und eine Uebersicht der eigenen Antworten war gewährleistet.

wissen. Eine Leistungszunahme als Folge von Lernprozessen ist nicht abzustreiten, doch der Zugang dazu führt nicht über die Vortrainings. Vielmehr sollen methodische Aenderungen in den folgenden Experimenten eingeführt werden, und zwar können anhand der individuell angepassten Antwortzeiten die visuellen Hilfsmittel umgangen werden - solange die Musterkategorie als bekannt vorausgesetzt werden kann.

DRITTER TEIL: DIE FALSCHEN ANTWORTEN

In allen den hier durchgeführten KT's wurden insgesamt 2'124 alphabetische Tonfolgen präsentiert. Total erzielten die getesteten Pbn 866 richtige Identifikationen, was einer Trefferquote von etwa 40% entspricht. Von Interesse sind hier die falschen Antworten bzw. die Verwechslungshäufigkeiten. In Tabelle 5 wurde deshalb eine Konfusionsmatrix zwischen den 18 Buchstaben des KT's erstellt; ausgeklammert hatte

Tabelle 5: Konfusionsmatrix der alphabetischen
Tonfolgen

		Beantwortung																	
		a	b	c	d	e	g	h	i	m	n	o	p	r	s	u	v	w	z
Darbietung	a	.47	.02	.01	(.12)	.02	.06	.01	.01	.01	.02	(.09)	.01	.01	.07	.03	.02	.02	.02
	b	.03	.56	.01	-	.02	.03	.06	-	.02	.04	.06	(.17)	.02	.02	.01	-	-	.01
	c	.02	.01	.66	.02	.05	.04	-	.02	-	-	(.09)	.01	.04	.01	.02	.02	-	-
	d	(.20)	.02	.03	.33	.01	.09	.02	.03	.01	.03	(.08)	-	.01	.05	.03	-	.02	.03
	e	.02	.03	.04	.01	.39	.05	.01	-	-	.01	.05	.09	-	.05	.02	-	.03	(.22)
	g	.03	.02	.03	.02	.04	.39	.03	.01	.02	-	.07	.01	-	(.13)	-	-	-	.04
	h	.03	.05	.05	.02	.05	-	.33	.03	.01	(.11)	.01	.01	(.26)	-	.04	.02	-	-
	i	-	.01	.06	.02	-	.01	-	.83	-	-	.01	.01	-	.01	.01	.01	-	.01
	m	.02	.01	-	-	.05	.01	.01	-	.65	(.06)	.03	-	.03	.02	.01	.01	(.10)	.01
	n	.01	.01	-	.03	-	.01	(.17)	.03	(.06)	.51	.01	.01	(.09)	-	(.05)	.01	-	.02
	o	(.11)	-	(.24)	(.04)	.01	.07	-	.01	.01	.03	.37	.05	.01	.02	.01	-	.02	.02
	p	.01	(.24)	-	.01	.10	.02	.04	.01	.01	.03	.03	.41	.03	.02	-	.02	.02	.01
	r	-	.01	.03	-	.04	.01	(.03)	-	.03	(.05)	-	.02	.72	-	.01	(.04)	.01	.01
	s	.05	.06	.03	.02	.06	(.16)	.04	-	-	.01	.04	.01	.02	.47	-	.01	-	.05
	u	.07	.05	.01	.04	.03	.04	.06	-	.04	(.11)	.02	.02	.05	-	.42	(.01)	(.04)	-
	v	.03	.02	.09	.01	.01	-	.03	.03	-	.10	-	.02	(.12)	.01	(.16)	.33	(.08)	.02
	w	.02	.03	.04	.01	.05	.01	.09	.05	(.04)	.02	.02	-	.05	.02	(.19)	(.16)	.18	-
	z	.04	.03	.06	.01	(.16)	.03	.02	-	.01	.04	.05	.05	.01	.06	-	.01	.05	.40
		.06	.06	.08	.04	.06	.06	.05	.05	.05	.07	.06	.05	.08	.07	.05	.03	.03	.05

man dabei die Antworten (130), welche nicht den 18 bzw. welche anderen alphabetischen Möglichkeiten entsprachen, wie z.B. das gewählte "i" für die Tonfolge "l". In dieser Tabelle 5 sind die richtigen Antworten in der Hauptdiagonalen angeordnet. Alle Zellwerte, welche signifikant (Chi-Quadrat, je $p < .05$) über dem entsprechenden Zufallswert lagen, sind: "e" verwechselt mit "z",

"g" mit "s", "h" mit "r", "o" mit "c" und "p" mit "b". Um nach qualitativen bzw. inhaltlichen Merkmalen die Verwechslungen voneinander zu unterscheiden, hatte man die folgenden drei Verwechslungskategorien aufgestellt: (I) Zugeteilt wurden alle nahe liegenden Fehler, bei welchen der grösste Teil der Sequenzabfolge identisch war. Weder horizontal gegenläufige noch allzu grosse Zeitunterschiede durften vorhanden sein. Diese Musterverwechslungen wurden auf Tabelle 5 eingekreist. (II) Zur zweiten Kategorie gehörten verwandte Verwechslungen, wobei bestimmte Musteranteile in bezug auf die horizontalen und/oder vertikalen Musterkonturen gleichwertig waren. Diese Kategorie wurde in Tabelle 5 durch Unterstreichen signiert. In beiden Kategorien wurden symmetrische bzw. gegenseitige Verwechslungen der Reize angenommen. (III) Der letzten Kategorie fielen alle restlichen Fehler zu.

Alle signifikant überzufälligen Verwechslungen befanden sich in der Kategorie (I), und die 34 Verwechslungsmöglichkeiten entsprachen 42% des gesamten Fehleranteils. Die 20 unterstrichenen Verwechslungsarten der Kategorie (II) entsprachen 8% des Fehleranteils, und die restlichen 252 Verwechslungsmöglichkeiten auf Tabelle 5 verteilten sich auf die Hälfte aller falschen Identifikationen. Dadurch konnte durch die geringe Anzahl der Verwechslungsmöglichkeiten der Kategorie (I) ein relativ grosser Fehleranteil klassifiziert werden. Die hier gesamthaft erzielte Trefferquote von 40% ist deshalb von diesen nahe liegenden Verwechslungsmöglichkeiten mitbedingt.

IV. ALTERATION DER HORIZONTALEN UND VERTIKALEN MUSTERAUSBREITUNG

Der auditiven Musterwahrnehmung liegen zeitliche und räumliche Integrationsprozesse zu Grunde. In der folgenden Untersuchung wurde die zeitliche Abfolge der Musterpräsentationen experimentell nicht variiert, hingegen die räumlichen Integrationsprozesse erforscht und analysiert. Die Richtungsintegration umfasst in dieser Versuchsanordnung horizontale, vertikale und diagonale Musterelemente. Ein Musterelement wird als Richtungsverlauf innerhalb einer Musterform definiert, erzeugt durch die Abfolge von benachbarten Lautsprecherreizen.

Es soll an dieser Stelle nochmals darauf aufmerksam gemacht werden, dass sich die Lokalisationsfähigkeiten zwischen den horizontal und vertikal angeordneten Reizen eindeutig zugunsten der horizontalen unterscheiden. Die Befunde der früheren Untersuchungen (RUFF & PERRET, 1976) gaben Anlass zur Schlussfolgerung: "...vertical components of the elements constituting a pattern can be integrated in the perception of a Gestalt, although the perception of the vertical in isolation is different from the perception of the remaining spatial components." (S.375) Dies impliziert anhand richtiger Musteridentifikationen eine bedeutungsvolle Integration der vertikal angeordneten Tonreize, welche in einzelner Darbietung praktisch nicht geortet werden können. Oft unumgänglich, jedoch gewagt ist der Uebergang zwischen richtigen Identifikationen und der effektiven Wahrnehmung. Entsprechend einer solchen Interpretation wäre die akustisch-räumliche Musterwahrnehmung ein Gestaltphänomen im Sinne einer den einzelnen Reizen übergeordneten Gesamtwahrnehmung. Um diese nicht unproblematische Schlussfolgerung experimentell zu hinterfragen, wurde nun der Richtungsverlauf bzw. die Ausbreitung der horizontalen und vertikalen Musterelemente variiert.

Sechs numerische Muster wurden selektioniert. Die Gestalt der Muster wurde unterschiedlich verformt, jedoch blieb mit einer Ausnahme die Anzahl der Tonreize pro Muster konstant. Simultan zur quantitativ un-

terschiedlichen Raumausnutzung bzw. -ausbreitung wurden die numerischen Muster auch in ihrer Form qualitativ unterschiedlich verändert, welches gestaltmässige Effekte zur Folge haben könnte.

Die progressiv durchgeführte Verformung der Muster wurde in die folgenden fünf Musterkategorien aufgegliedert: Der Musterkategorie I wurden die numerischen Tonfolgen zugeteilt, welche auf der normalen bzw. wie bis anhin üblichen Präsentationsfläche der Lautsprecherwand dargeboten wurden. In der Kategorie II wurden entweder die vertikalen oder die horizontalen Musterelemente in ihrer Ausbreitung reduziert. Anstelle eines Musterelementes innerhalb der Tonfolge wurde ein Tonreiz wiederholt. Die Hypothese war, dass sich diese Einschränkung negativ auf die Identifikationsraten auswirkt; wobei weiterhin anzunehmen war, dass die horizontalen Einschränkungen im Vergleich zu vertikalen einen grösseren negativen Effekt erzeugen würden.

Als Musterkategorie III wurden die Tonfolgen in den Hälften (linke, rechte oder obere und untere Hälfte) der Lautsprecherwand präsentiert. In der zitierten Arbeit hatten RUFF & PERRET bei drei Fixationspunkten der Kopfstellung auf der Ordinatenachse ähnliche Tonfolgen präsentiert. Die Tonfolgen, welche von der untersten oder obersten Tonreihe wahrgenommen werden mussten, ergaben im Vergleich zur sonst üblichen mittleren Stellung keine signifikant schlechteren Identifikationsraten. Eine tendenzmässige Abnahme war jedoch vorhanden. Fest stand, dass Tonfolgepräsentationen über oder unter den Hörkanälen wahrgenommen werden. Präsentationen auf der unteren oder oberen Hälfte der Lautsprecherwand sollten demzufolge auch zu richtigen Antworten über einem Zufallswert führen. Entscheidend blieb aber weiterhin der Vergleich dieser Musterreduktion auf der unteren zu der oberen Hälfte der Lautsprecherwand. Parallel dazu wurden die Tonfolgen auch seitlich eingeschränkt, d.h. die Muster wurden entweder auf der linken oder rechten Hälfte zusammengepresst und die daraus resultierenden Antworten einander gegenübergestellt.

In der Musterkategorie IV fand die entscheidende Einschränkung statt - die vertikalen oder die horizontalen Musterlemente wurden völlig eliminiert und aus den diagonalen wurden entweder horizontale oder vertikale Tonfolgen. Es wurden also ausschliesslich auf e i n e r Laut-

sprecherkolonne oder -zeile numerische "Muster" in ihrer dadurch ermöglichten Form dargeboten. Wenn die Reize auf der Lautsprecher-zeile als Muster identifiziert werden, dann ist keine Richtungsin-
tegration in diesem Sinne der vertikalen Musterelemente notwendig
und die auditive M u s t e rwahrnehmung wäre eine primär horizon-
tal gesteuerte S e q u e n zwahrnehmung. Für die Präsentationen
auf der Lautsprecherkolonne waren in bezug auf die Resultate der
vertikalen Tonlokalisation keine überzufälligen Identifikationsmög-
lichkeiten zu erwarten.

In einer letzten Kategorie wurde das Darbietungsfeld auf der Wand
horizontal und vertikal eingeschränkt, um für ein später geplantes
Experiment Hinweise zu geben. Die Tonfolgen wurden auf einer Matrix
von 5 x 5 Lautsprechern dargeboten und die Anzahl der verwendeten
Tonreize wurde entsprechend verkleinert. An diese extrem verkleiner-
ten Muster war lediglich eine Erwartung geknüpft: richtige Identifi-
kation über dem Zufallswert.

Zwischen den Kategorien I - IV wurde parallel zur progressiven Ab-
nahme des Darbietungsfeldes und der Verformung der Muster (Gestal-
ten) eine graduelle Reduktion der richtigen Identifikationen postu-
liert. Beruhend auf den bis zu diesem Zeitpunkt bekannten Resulta-
ten wurden von den horizontalen Einschränkungen der Musterelemente
im Vergleich zu den vertikalen grössere Leistungsabnahmen erwartet.

M E T H O D E

VERSUCHSPERSONEN

Das Alter der 16 Pbn variierte zwischen 21 und 38 Jahren, wobei das Durchschnittsalter 27.5 Jahre betrug ($s = 4.0$). Die Teilnahme war freiwillig und die je 8 Frauen und Männer hatten keine vorhergehende Kenntnisse, weder von den Fragestellungen noch von der Darbietungsart. Beruflich gab es zwei Gruppen, nämlich Sprachlehrer und Spitalangestellte. Weiterhin vermerkten keine Pbn massgebende auditive Defizite.

DARBIETUNGSREIZE

Die sechs ausgesuchten Muster waren die numerischen Tonfolgen 0, 2, 3, 6, 8 und 9. Die akustischen Sequenzen wurden analog des Richtungsverlaufes der konventionellen Schreibweise präsentiert. Die gesamte Anzahl der verwendeten Lautsprecherpositionen war für das Muster Null 24 Tonpositionen, für die Zwei 20, die Drei 21, die Sechs 26, die Acht 28 und die Neun 27. (Die Zahl eins wurde nicht präsentiert, weil die Darbietungszeit bzw. die Anzahl der Tonpositionen im Vergleich zu den anderen Zahlen viel kürzer wäre; weiter wurden die Zahlen fünf und sieben von der Auswahl eliminiert, weil in der üblichen Schreibweise ein Unterbruch stattfindet und eine solche Unterbrechung, übertragen auf die akustische Darbietung, einen zu grossen Unterschied im Vergleich zu den anderen numerischen Tonfolgen ergeben hätten.) Die folgenden fünf Musterkategorien wurden mit diesen sechs numerischen Tonfolgen konzipiert, sodass zwischen den Kategorien die Darbietungsfläche auf der Lautsprecherwand variiert wurde.

Kategorie I Das üblich verwendete Format der geschriebenen Zahlen ist rechteckig, sodass die Breite im Vergleich zur Länge geringer ist. Um diese Proportionen auch auf der Präsentationsfläche der Lautsprecherwand einzuhalten, wurden die numerischen Tonfolgen auf einer 7 x 9 Lautsprechermatrix präsentiert. Innerhalb dieser Matrix (n) wurde der zentrale oder mittlere Lautsprecher als Fixationspunkt für die Kopf-

stellung verwendet. Dieser Fixationspunkt wurde über alle Präsentationen in den verschiedenen Musterkategorien konstant beibehalten. In den nun folgenden Kategorien wurde die Präsentationsfläche auf der Lautsprecherwand für die gleichen numerischen Muster reduziert. Diese Musterveränderungen zwischen den Kategorien sind am Beispiel der Zahl Zwei in Abbildung 6 dargestellt.

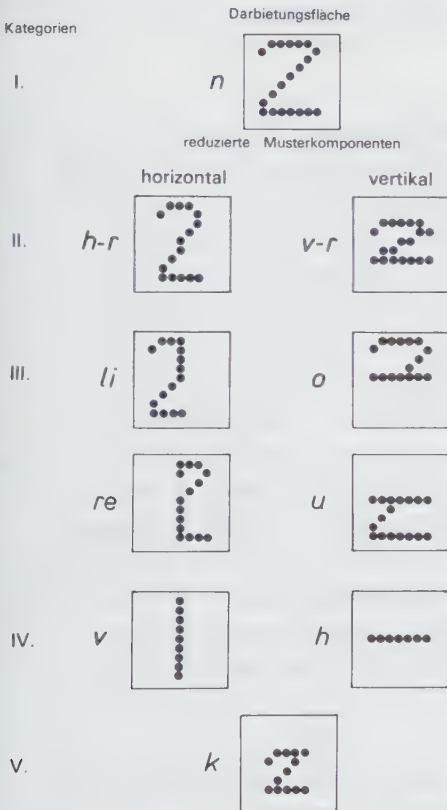


Abbildung 6:

Darbietungsfläche in
den fünf Musterkate-
gorien*, dargestellt
am Beispiel der
Tonfolge Zwei

* Die in der Abbildung verwendeten Abkürzungen werden im Text erläutert.

In Kategorie II wurde das Darbietungsfeld so eingeschränkt, dass anstelle von sieben Lautsprechern in jeder der neun Zeilen nur noch fünf verwendet wurden. Die Muster wurden dadurch beidseits etwas schlanker. Analog zu der horizontal reduzierten (h-r) Präsentationsfläche wurden für die vertikal reduzierten (v-r) Muster die Lautsprecherkolonnen von oben und unten, also von 9 auf 5 verkürzt. Da die Anzahl der ertönenden Lautsprecher bzw. die Gesamtdauer eines Musters in den Kategorien I-IV konstant war, mussten einzelne Lautsprecherpositionen innerhalb der verformten Musterausbreitung wiederholt werden.

In Kategorie III wurde die Darbietungsfläche von Kategorie I jeweils von der horizontalen oder vertikalen Achse ausgehend halbiert. Dadurch entstanden vier Präsentationsflächen, also die obere (o) und untere (u) Hälfte sowie die linke (li) und rechte (re). Für die seitlich eingeschränkten Unterkategorien (li und re) war die Lautsprechermatrix 4 x 9 und für die obere und untere Hälfte 7 x 4. Die Musterform wurde in der Präsentationshälfte genau wie bei n beibehalten und die fehlende räumliche Hälfte des Musters wurde auf der mittleren Lautsprecherreihe, welche die Hälften trennte, simuliert. Zum Beispiel fehlten bei der akustischen Musterpräsentation li oder re effektiv keine vertikalen Musterkomponenten, doch die Stelle auf der Lautsprecherwand musste zum Teil verschoben werden. Hingegen wurde ein Teil der diagonalen zu vertikalen Folgen verwandelt. Horizontale Musterfolgen wurden so eingeschränkt, dass sie sich an der entsprechenden Stelle in der mittleren Lautsprecherkolonne wiederholten, um damit für die fehlende Hälfte, in diesem Falle die linke oder die rechte Seite, den Verlauf anzudeuten.

In Kategorie IV wurde, analog zu den Präsentationen in der Lautsprecherreihe oder -kolonne für die fehlenden Hälften in Kategorie III, das ganze Muster auf einer horizontal oder vertikal liegenden Lautsprecherreihe oder -kolonne zusammengepresst. Bei den horizontalen Tonfolgen (h), präsentiert in der mittleren Lautsprecherreihe auf insgesamt sieben Lautsprechern, gab es keine vertikalen Komponenten in der Darbietung, und umgekehrt in der vertikalen Lautsprecherkolonne (v) von neun Lautsprechern keine horizontalen Komponenten. Alle diagonalen Folgen wurden entweder in horizontale oder vertikale Bewegungen verändert.

In Kategorie V wurden die sechs numerischen Muster verkleinert, um für das später durchgeführte Experiment (Kapitel VII) eine Wiederverwendung zu etablieren. Das kleinste hier verwendete Darbietungsfeld (n) war um den Fixationspunkt angeordnet und entsprach der Grösse eines Quadranten, respektiv einer Matrix von 5 x 5 Lautsprechern. Im Vergleich zu dem Darbietungsfeld (n) wurden die vertikalen Musterkomponenten im Vergleich zu den horizontalen mehr eingeschränkt (n Fläche: 7 x 9 Lautsprechermatrix). Die Anzahl der Tonreize für die verkleinerten Muster betrug 13 für die Tonfolge Null, 14 für die Zwei, Drei und Sechs, 17 für die Acht und 15 für die Neun. Dementsprechend wurde in dieser Kategorie von den übrigen (in der Anzahl der Tonreize für ein spezifisches Muster) abgewichen, so dass den Pbn in der verkleinerten Präsentationsfläche prinzipiell weniger Musterkomponenten zur Verfügung standen (auch ohne Wiederholung auf einer Stelle innerhalb des Musters). In Tabelle 6 sind für alle numerischen Reizmuster die Anzahl der horizontalen, vertikalen und diagonalen Musterelemente in den jeweiligen Kategorien zusammengestellt.

Tabelle 6: Aufgliederung in Musterelemente

Kategorien	TONPOSITIONSWECHSEL DER NUMERISCHEN MUSTER																	
	0			2			3			6			8			9		
	h	v	d	h	v	d	h	v	d	h	v	d	h	v	d	h	v	d
I. <u>n</u>	8	11	4	10	1	8	10	4	6	12	8	5	12	7	8	12	8	6
II. <u>h-r</u>	4	11	4	6	3	6	4	4	6	6	8	5	8	7	8	6	8	6
<u>v-r</u>	8	4	4	13	0	5	10	0	6	13	3	4	12	0	8	12	2	6
III. <u>Li</u>	4	13	2	5	4	4	4	8	2	6	11	2	8	11	4	6	11	3
<u>re</u>	4	13	2	5	5	4	6	6	4	6	10	3	8	11	4	6	11	3
<u>o</u>	9	5	2	13	0	5	13	2	3	15	3	2	16	3	4	15	5	4
<u>u</u>	9	5	2	15	1	3	13	2	3	14	5	2	16	4	4	16	3	2
IV. <u>v</u>	0	15	0	0	9	0	0	10	0	0	13	0	0	15	0	0	15	0
<u>h</u>	12	0	0	18	0	0	16	0	0	17	0	0	20	0	0	18	0	0
V. <u>k</u>	4	4	4	7	0	5	2	2	4	6	2	5	8	0	8	6	2	6

VORGEHEN

Den Pbn wurden keine Hinweise über die Deformierung der einzelnen Muster gegeben. Auch Fragen während der Durchführung wurden umgangen, denn die Pbn waren sich selbst überlassen, ohne die Anwesenheit des Vls in der Tonkabine. Zu Beginn wurde die Schreibweise der sequenziellen Muster (n) den Vpn erklärt und die sechs numerischen Möglichkeiten wurden ihnen bekanntgegeben. (Alle Instruktionen erfolgten ohne die Darbietung irgend welcher Tonreize.) Die Pbn wurden aufgefordert, das folgende Muster selbst, durch Betätigung einer Drucktaste, auszulösen und die Beantwortungen auch selbst auf einem nummerierten Blatt aufzuschreiben. Damit war jedes Feedback vom Vl her von Anfang an verunmöglicht.

Gesamthaft wurden jeder der 16 Vpn die sechs numerischen Tonfolgen in allen fünf Darbietungskategorien je einmal präsentiert. Die Reihenfolge dieser 60 Muster wurde zufällig aufgestellt und der Hälfte der Vpn dargeboten. Einer zweiten Gruppe von Pbn wurde die gleiche Darbietungsreihenfolge umgekehrt dargeboten (anstatt 1-60, 60-1).

Vollständigkeitshalber sei an dieser Stelle noch erwähnt, dass das allgemeine Prozedere betreffend der verwendeten Apparaturen und der einzuhaltenden Kopfstellung gleich war wie in den früheren Untersuchungen (siehe Kapitel III). Die dargebotene Tonfrequenz war 736Hz, und die Reizdauer pro Lautsprecher betrug 875ms.

R E S U L T A T E

IDENTIFIKATIONS-RATEN DER FÜNF MUSTERKATEGORIEN

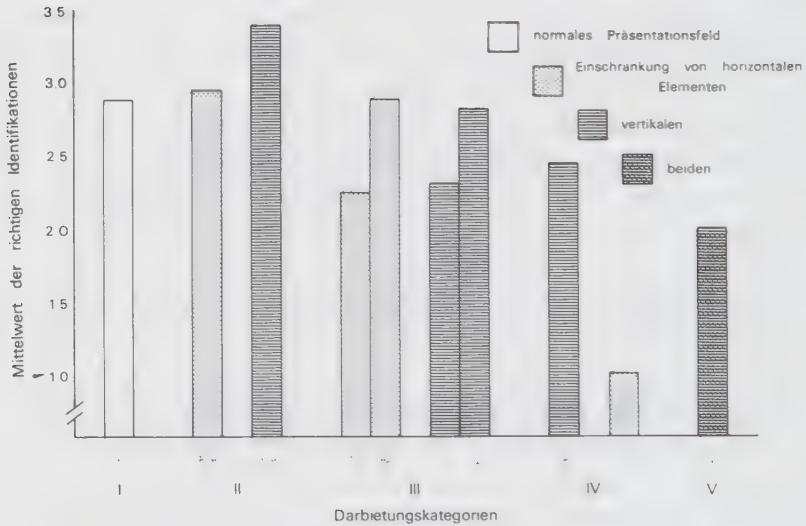
Die richtigen Antworten innerhalb der fünf Musterkategorien wurden anhand einer einfachen Varianzanalyse* verglichen ($df = 4$; $MQ = 7.97$; $F = 5.11$; $p < .001$). Entgegen den Erwartungen waren die Identifikationsraten der Kategorie II am höchsten ($M = 3.16$, $s = 1.63$). Die folgende Reihenfolge der weiteren Kategorien I ($M = 2.88$, $s = 1.26$), III ($M = 2.56$, $s = 1.11$), V ($M = 2.00$, $s = 0.89$) und IV ($M = 1.82$, $s = 1.22$) ergab eine tendenzmässige Abnahme der richtigen Identifikationen, welche eine Abhängigkeit zur progressiven Reduzierung des Präsentationsfeldes zeigte. Der einzige signifikante Unterschied ergab sich zwischen den Kategorien II und IV (Scheffé F , $p < .01$; Multiple t Test Vergleiche ergaben signifikante Unterschiede, $p < .05$, zwischen den Kategorien I und IV, I und V; II zu III, IV und V sowie III zu IV.)

Einzig die durch die vertikale Linienbewegung erzielte Identifikationsrate (Unterkategorie v) war nicht signifikant über dem Zufallswert (Chi-Quadrat für Proportionen, $p = .7$; alle anderen erreichten ein Signifikanzniveau von $p < .05$). In Abbildung 7 sind die Mittelwerte der richtigen Identifikationen (von jeweils sechs Präsentationen pro V_{pn}) für alle fünf Kategorien inklusiv deren Unterteilung aufgetragen. Weiter wurde auf dieser Abbildung 7 auch nach den horizontal und vertikal reduzierten Komponenten innerhalb der Musterdarbietung ohne Einschränkung des Darbietungsfeldes unterteilt. Eine zweifache Varianzanalyse wurde für den Faktor der vertikalen und horizontalen Reduktionen und den Faktor der Kategorien II - IV gerechnet. Beide Faktoren ergaben ein signifikantes Resultat ($p < .05$), die Wechselbeziehung hingegen verfehlte die Signifikanzschranke ($p = .1$); siehe im Anhang Tabelle 30. Die post hoc durchgeführten Scheffé F Tests zeigten einen Unterschied ($p = .02$) zu Gunsten der richtigen Identifikationen nach vertikalen Reduktionen (v-r, o, v, h) im Vergleich zu den Darbietungen nach horizontalen Mustereinschränkungen (h-r, li, re, v). Die Resultate der Kategorie IV waren im Vergleich zu Kategorie II und III signifikant schlechter ($p < .05$).

In diesem statistischen Verfahren und auch in den folgenden, durchgeführt bei den Vergleichen zwischen den Muster- und Darbietungskategorien, wurden konstant unabhängige Stichproben angenommen.

Abbildung 7:

Richtige Identifikationen in den Darbietungs-
kategorien



In einem weiteren Schritt wurden die Unterteilungen innerhalb der Kategorien II, III und IV zueinander verglichen. In Kategorie II ergab sich zwischen den Identifikationsraten für die Präsentationen h-r und v-r kein signifikanter Unterschied (t Test für unabhängige Stichproben, $p = .45$). In Kategorie III zeigte eine einfache Varianzanalyse keinen Unterschied zwischen den auf die Hälfte der Lautsprecherwand reduzierten Tonsequenzen o, u, und li, re, ($df = 3$; $MQ = 2.02$; $F = 1.42$; $p = .25$; t Test Vergleiche für unabhängige Stichprobe zwischen o und u, $p = .18$ und zwischen re und li, $p = .14$). In Kategorie IV war ein grosser Unterschied zwischen den Antworten der v und h Tonfolgen, wobei letzteres viel höhere Werte erzielte (t Test für unabhängige Stichproben, $p < .01$). (Alle hier aufgeführten t Test für unabhängige Stichproben wurden auch für abhängige gerechnet, ohne je einen signifikanten p-Wert zu erreichen.)

ANTWORTHAUEFIGKEITEN FUEER DIE NUMERISCHEN TONFOLGEN

Allgemeine Antworttendenzen

In Tabelle 7 sind für jedes präsentierte Muster die richtigen Antworten - unterteilt in die verschiedenen Musterkategorien - zusammengestellt. Zwischen den einzelnen zur Auswahl stehenden Mustern kamen stark ausgeprägte Präferenzen zustande.

Tabelle 7: Richtige Antworten zusammengefasst in den
Musterkategorien

Kategorien		Numerische Tonfolgen							s ^a
		0	2	3	6	8	9	M	
I.	n	7	13	4	6	10	5	7.50	3.39
II.	h-r	5	13	4	10	10	6	8.00	3.52
	v-r	7	14	9	6	7	8	8.50	2.88
III.	li	4	7	7	7	10	3	6.33	2.50
	re	7	10	5	7	11	6	7.67	2.34
	o	5	10	3	5	9	4	6.00	2.83
	u	7	12	10	6	11	3	8.17	3.43
IV.	v	1	3	2	8	3	2	3.17	2.48
	h	7	9	6	4	9	4	6.50	2.25
V.	k	4	13	6	5	1	5	5.67	3.98
Total		54	104	56	64	81	46		

^a Gerechnet auf die hier ersichtlichen Werte
Maximale Punktzahl 16

In Tabelle 8 sind alle Rohwerte in einer Konfusionsmatrize angeordnet:

Tabelle 8: Beantwortungshäufigkeiten

		Antworten:					
		0	2	3	6	8	9
R E I N E	0	54	37	8	28	13	11
	2	15	104	8	10	12	6
	3	17	21	56	10	8	40
	6	12	11	31	64	14	21
	8	7	30	9	17	81	9
	9	16	12	33	36	10	46

In der Matrize wird die heterogene Verteilung ersichtlich; dazu wurde folgende Analyse durchgeführt:

Verwechslungen über dem erwarteten Zufallswert

Innerhalb der getroffenen Fehlerauswahl waren bestimmte Verwechslungen vergleichsweise häufiger. Als Kriterium für die Trennung der unterschiedlichen Fehlerhäufigkeiten wurde folgender Wert bestimmt: Die Randsumme der Zeile auf der Konfusionsmatrize wurde jeweils durch sechs geteilt, und dieser Sechstel von etwa 26 Rohwertpunkten entspricht einer zufällig und homogen verteilten Verwechslungsquote pro Zelle. (Wie bereits oben schon erwähnt, lagen die richtigen Identifikationsquoten bei allen numerischen Mustern signifikant über diesem Zufallswert.) Die Verwechslungsraten, welche g r ö s s e r als ein Sechstel waren (also nicht nur signifikant grösser, sondern alle falschen Antwortquoten, welche gerade darüber lagen), wurden in Tabelle 9 weiter verfolgt. In dieser Tabelle ist erkennbar, in welchem Ausmass die einzelnen Musterkategorien wiederum an den Verwechslungen zwischen den Mustermöglichkeiten beteiligt waren.

Tabelle 9:

Ueber dem Zufall liegende Verwechslungen
aufgeteilt in die Musterkategorien

Kategorien	Präsentationen						
	0	0	3	6	8	9	9
	verwechselt mit:						
	2	6	9	3	2	3	6
I. n	5	2	6	5	2	2	3
II. h-r	3	7	7	1	1	5	1
v-r	0	4	3	3	2	3	4
III. li	3	1	4	3	3	4	6
re	4	0	4	3	2	4	3
o	4	4	6	5	2	4	3
u	3	2	1	2	3	4	8
IV. v	3	0	3	2	2	2	3
h	5	3	2	5	2	5	4
V. k	7	5	4	2	11	0	1

Einige der Verwechslungen sind auf den ähnlichen akustisch-räumlichen Verlauf der horizontalen Musterfolgen zurückzuführen. Dies bezieht sich vor allem auf die Verwechslungen der präsentierten Zahl 0 mit der Antwort 6 und analog dazu 9 mit 6. Teilweise Ähnlichkeiten ergeben sich zwischen den gegenseitigen Verwechslungen der Muster 3 und 9. Eine allgemeine Präferenz des Musters 2 war festzustellen, und bei den Verwechslungen nach den Darbietungen der Zahl 8 ist dieser Vorrang speziell massiv in der Musterkategorie k ausgeprägt. Beruhend auf akustischer Sequenzabfolge ergeben sich jedoch keine eindeutigen Merkmale für die Musterantwort 2 auf Präsentationen der Zahlen 0 und 8. Jegliche Erklärung fehlt auch für die Verwechslungen über dem Zufallswert der Tonfolge 6 mit dem zur Auswahl stehenden Muster 3.

Quantitative Analyse der horizontalen und vertikalen Musterelemente

Wie schon in Tabelle 6 angegeben wurde, war die Anzahl der vertikalen, horizontalen und diagonalen Komponenten innerhalb der Muster unterschiedlich. Die daraus entstandene Konsequenz für die richtigen Identifikationsraten bleibt schwer abzuschätzen, denn jede Komponente steht in Relation zur folgenden und kann deshalb schlecht isoliert betrachtet werden. Sicherlich ist auch die Relation zwischen den verschiedenen räumlich angeordneten Musterelementen für die Identifikation eines Musters bedeutungsvoll. Trotzdem wurde versucht, die Muster unabhängig von ihrer zeitlich-räumlichen Reihenfolge rein quantitativ in horizontale und vertikale Komponente aufzulösen. Die diagonalen Komponenten wurden für diese Auswertung zur Hälfte als vertikal und zur Hälfte als horizontal klassifiziert. An diese Aufteilungen in Musterkomponenten wurde folgende Erwartung geknüpft: je grösser die Anzahl der horizontalen Komponenten innerhalb eines einzelnen Musters (unabhängig von den vertikalen), desto besser sollten die Identifikationsraten sein.

In Abbildungen 10 und 11 wurden für die Musterkategorien I - IV* die Anzahl der als horizontal oder vertikal klassifizierten Musterelemente in Beziehung zu den richtigen Antworten - der ganzen Muster - gebracht. Lediglich in Kategorie II (siehe Abbildung 10 für horizontale und Abbildung 11 für vertikale Musterelemente) waren unterschiedliche Tendenzen andeutungsweise vorhanden, welche jedoch statistisch keine signifikante Korrelation erbrachten (Spearman Rang Korrelation für horizontal t von $r_s = 1.04$; $df = 10$; $p = .32$ und vertikal t von $r_s = -1.31$; $df = 10$; $p = .22$). Demzufolge bestehen (1) keine korrelative Beziehungen zwischen der rein quantitativen Menge von horizontalen oder vertikalen Musterelementen und den korrekten Identifikationen. (2) Die erwartete Bevorzugung, beruhend auf der unterschiedlichen Anzahl der horizontalen Komponenten, fand keineswegs Bestätigung.

* Kategorie V wurde nicht berücksichtigt, weil die Anzahl der Musterelemente generell viel kleiner war.

Abbildung 10: Beziehung der richtigen Musterantworten zur Anzahl der horizontalen Elemente innerhalb eines Musters

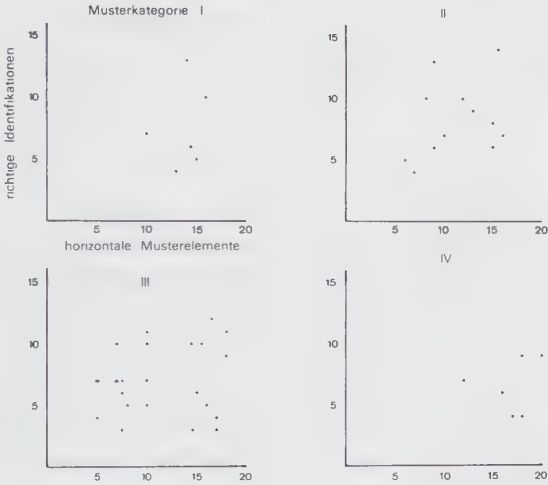
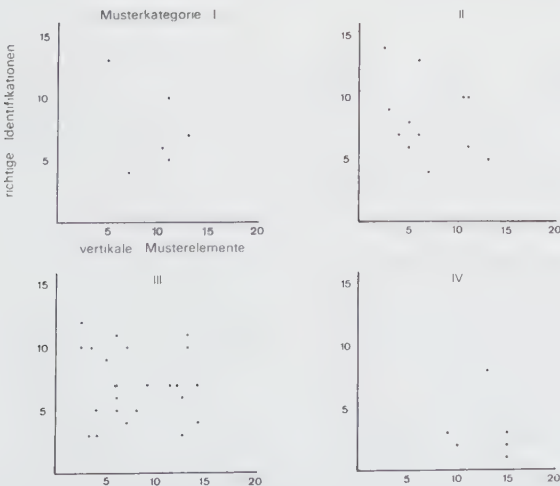


Abbildung 11: Beziehung der richtigen Musterantworten zur Anzahl der vertikalen Elemente innerhalb eines Musters



Geschlechtsunterschied

Die geschlechtsspezifischen Unterschiede waren zu Gunsten der Männer, verfehlten jedoch knapp die Signifikanzschränke; (für die acht Frauen war $M = 21.75$, $s = 7.15$ und für die acht Männer $M = 28.38$, $s = 7.09$; t Test, $p = .08$).

Reihenfolge

Der Vergleich der richtigen Antworten zwischen den beiden Reihenfolgen (1-60 & 60-1), ergab keinen gesicherten Unterschied (t Test, $p = .69$). Die Darbietungsreihenfolge von 60 Tonfolgen wurde in drei Abschnitte von 20 unterteilt. In den Mittelwerten ($M = 5.65$, $s = 2.13$; $M = 6.80$, $s = 2.24$; $M = 7.45$, $s = 2.65$) ist ein zeitlich bedingter Anpassungseffekt angedeutet, jedoch erbrachten diese richtigen Identifikationsraten anhand einer einfachen Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede ($df = 2$; $MQ = 13.33$; $F = 2.41$; $p = .10$).

ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

Die auditiv-räumliche Musterwahrnehmung beruht primär auf der Perzeption von horizontalen Richtungsfolgen. Nicht primär die Anzahl der horizontalen Musterelemente, sondern der gesamte horizontale Richtungsverlauf ist für die Musterwahrnehmung massgebend. Die vertikalen Musterabschnitte bleiben auch innerhalb von sinnvollen Mustern schlecht wahrnehmbar bzw. sind in ihrer Richtung nicht eindeutig einzuordnen. Beruhend auf den hier gesammelten Daten kann ein gestaltsmässiges Ineinanderfallen von horizontalen und vertikalen Musterelementen nicht weiter postuliert werden. Deshalb wurde in diesem Sinne die Annahme der Richtungsintegration (RUFF-PERRET, 1976) von horizontalen und vertikalen Elementen für den Wahrnehmungsprozess von akustischen Mustern widerlegt. Anders formuliert, die vertikalen Musterelemente gewinnen als integrierter Bestandteil innerhalb der Musterform nicht massgebend an Bedeutung. Die horizontalen Elemente hingegen sind im Unterschied dazu absolut notwendig für den hier geforderten Identifikationsprozess. Es war möglich, auf der Ebene des Beantwortungsprozesses aus Darbietungen, welche nur aus horizontalen Folgen zusammengesetzt wurden, die Muster über dem Zufall richtig zu identifizieren. Andererseits wurden die ausschliesslich vertikalen Reizsequenzen zufällig identifiziert.

Die Abnahme der richtigen Identifikationen war z.T. unabhängig von der progressiven Abnahme des Präsentationsfeldes auf der Lautsprecherwand. Die grosse Ausnahme bildete die Musterkategorie II, welche im Vergleich zur Kategorie I besser abschnitt. Genaue Erklärungen dafür fehlen, doch könnte man daraus schliessen, dass die Wahrnehmung von akustischen Sequenzen nicht an ein eng begrenztes Darbietungsfeld gebunden ist. Die Befunde der Kategorie III geben zu erkennen, dass keine allgemeinen Seitenpräferenzen vorhanden sind. Oft haben Vpn geäussert, dass sie in der unteren Hälfte der Lautsprecherwand nichts zu hören vermochten. Es muss sich demzufolge, wie ROFFLER & BUTTLER (1968 b) beschrieben haben, um eine tonfrequenzabhängige subjektive Einschätzung handeln, denn zwischen den Präsentationen von oben und unten gab es keine signifikanten Unterschiede.

Gerechtfertigt ist der Einwand, dass durch die unterschiedliche Anzahl der horizontalen, vertikalen und diagonalen Musterelemente innerhalb der Muster kein balancierter Vergleich zwischen den horizontalen und vertikalen Musterausbreitungen stattfinden kann. Beruhend auf diesen Musterdifferenzen ist folgedessen auch die Einschränkung des Darbietungsfeldes unterschiedlich in Bezug auf die Anzahl der Musterlemente. Diesem Einwand kann entgegnet werden, dass hier das Muster an sich im Vordergrund steht und keineswegs die vergleichbare Anzahl der horizontalen und vertikalen Musterelemente. Numerischen oder auch alphabetischen Mustern sind keine balancierten Aufteilungen in dieser akustischen Darbietungsart inhärent. Diese bekannten Muster wurden gerade deshalb ausgesucht, um den Pbn ohne visuelle Auswahlvorlagen die Tonfolgen identifizieren zu lassen. Angestrebt wurden die horizontale und vertikale Einschränkung der Mustergestalten und nicht der Vergleich zwischen der Anzahl von Musterelementen innerhalb von Tonsequenzen. Um diesem Einwand trotzdem zum Teil Rechnung zu tragen, wurden die quantitativen Auswertungen durchgeführt. Eine hohe Anzahl von horizontalen Musterelementen korrelierte jedoch nicht mit einer hohen Identifikationsrate. Die Anzahl der horizontalen Musterelemente kann, wenn unabhängig von ihrer sequentiellen Abfolge betrachtet, diesen Wahrnehmungsprozess also nicht erklären. Dieser Aspekt soll in den folgenden Experimenten weiter verfolgt werden, indem einerseits das gestaltmässige Muster (numerisch oder alphabetisch) in den Hintergrund gerät, um andererseits mit einfacheren Liniensequenzen folgende Vorteile zu erreichen: Bei gleicher Anzahl von Tonreizen zwischen (1) den einfachen Linienmustern und (2) den räumlichen Teilsequenzen einer Darbietung sind balancierte Vergleiche gewährleistet. Verwechslungen zwischen den Tonfolgen sind besser analysierbar. Auch die diagonalen Mustersequenzen können dadurch eine adäquatere Stellung einnehmen. Weiter wird der Nachteil bei numerischen oder alphabetischen Mustern von den unterschiedlichen und unausgebalancierten Wechsels zwischen diagonalen, horizontalen und vertikalen Musterabschnitten eliminiert.

V. EINFLUSS DER LAUTSPRECHERWANDPOSITION, KOPFFIXATION UND VISUELLEN BEDINGUNG AUF DIE AUDITIV-RAEUMLICHE SEQUENZWAHRNEHMUNG

Aus den bis zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Datenanalysen kristallisierten sich weitere relevante Variablenkomplexe, welche ein mehrgegliedertes Verständnismodell der auditiven Musterwahrnehmungsprozesse vorantreiben können: Lautsprecherwandposition, Kopffixation und visuelle Bedingung. In den nun folgenden Abschnitten werden die neu eingeführten experimentellen Variablenkomplexe einzeln beschrieben.

LAUTSPRECHERWANDPOSITION

Frühere Experimente zeigten, dass wahrnehmbare Tonreize im gesamten Umkreis des Körpers einen Signalwert haben, die Ortungsfähigkeit jedoch stark unterschiedlich ist (für genauere Beschreibungen siehe Kapitel I). Unsere Experimente konnten zeigen, dass bei zweidimensionalen Tonfolgen im Raum vertikale Komponenten im Vergleich zu horizontalen auf die Identifikationsrate unterschiedliche Effekte haben (siehe Kapitel IV). Dementsprechend sollte nun untersucht werden, ob sich die Identifikationen der akustischen Mustersequenzen unterscheiden, wenn deren Darbietungsposition im auditiven Wahrnehmungsfeld variiert wird. Es wurden dazu fünf Lautsprecherwandpositionen so gewählt, dass die Reizmuster relativ zu den Hörkanälen der Vp entweder von hinten, vorne, oben, rechts oder links präsentiert wurden.

Von Untersuchungen der Tonlokalisation auf der horizontalen Ebene her, sind - bei fixierter Kopfstellung - in den verschiedenen Positionen Leistungsunterschiede zu erwarten (STEVENS & NEWMAN, 1936; MILLS 1958). Auch physiologisch-physikalische Ueberlegungen führen zu Erwartungen eines Positionseffektes (zusammengefasst von KEIDEL, 1975). Die vordere Lautsprecherwandposition war hier die bisherige

Versuchsanordnung und deshalb die Vergleichsbasis für die meisten Hypothesen. Bei der Position, Reize von *hinten*, sollte, vom Aspekt der auditiven Verarbeitung her, die Identifikationsrate nicht signifikant niedriger ausfallen. Die Mustersequenzen treffen analog auf die Hörkanäle wie bei der Darbietung von *vorne*. Jedoch könnten Aspekte der visuellen Vorstellung bzw. Verarbeitungshilfen Unterschiede erzeugen. (Dieser Aspekt wird weiter unten unter dem Titel "Visuelle Bedingung" besprochen). Eine Benachteiligung der Darbietung von *hinten* könnte für die Einzeltonwahrnehmung aus der Form der Ohrmuschel resultieren, sollte aber die *M u s t e r* wahrnehmung nicht wesentlich beeinflussen.

Bei der *oberen* Position, also der Lautsprecherwand oberhalb der Hörkanäle, spielen sich, mit Ausnahme der Tonreize direkt über dem Kopf, die Tonfolgen in horizontaler Ebene ab. Gegenüber der Darbietung von *vorne* und *hinten* bleiben nur die links-rechts Komponenten der Reizmuster erhalten; die äusserst schwer zu integrierenden vertikalen Elemente werden aber grösstenteils in *vorne-hinten* Komponenten verändert. Daraus könnte man einen Vorteil für die Musterwahrnehmung erwarten, denn die bereits zitierten Resultate von STEVENS & NEWMAN (1936) zeigten, dass eine Tonlokalisation bzw. eine Tonunterscheidung mit fixierter Kopfhaltung zwischen vorderen und hinteren Reizpositionen möglich ist. BURGER (1958) fand, dass *vorne-hinten* Tonunterscheidung von Lärmstimuli möglich ist und führte diese Fähigkeit auf die äussere Form des Ohres, also die Ohrmuschel, zurück. KIETZ erbrachte schon 1953 den Beweis, dass durch Veränderungen physischer Charaktere der Ohrmuschel die *vorne-hinten* Tonlokalisation verändert wird. Nach THURLOW's (1972) Ausführungen* kann eine Vertrautheit mit den zu vergleichenden Reizen die *vorne-hinten* Unterscheidung fördern.

* "Familiarity with the stimulus should increase the accuracy with which a subject can make front-back diskriminations. If the subject has learned how the stimulus sounded when it was in front of him, he is better able to notice changes in overall loudness and quality (dependent on high frequencies) when the stimulus is presented from behind him." (S. 266)

Für diese Untersuchung erwartet man deshalb für die Position der Reizmuster von oben gegenüber den anderen Positionen keinesfalls Nachteile, sondern eher Vorteile. Diese ergeben sich also aus dem räumlichen Verlauf der Tonmuster, welcher in dieser Position hauptsächlich in der horizontalen Ebene verläuft. Wie bei den Reizpräsentationen von vorne und hinten ergeben sich für die Tonfolgen von oben links-rechts Komponenten. Hinzugekommen sind die vorne-hinten Sequenzen (statt den vertikalen), bei welchen die Vertrautheit (familiarity) mit den Tonreizen einen Vorteil erbringen kann.

Wie bei den oberen Positionen kamen bei den *seitlichen* Stellungen die vorne-hinten Tonfolgen neu dazu, die vertikalen Komponenten blieben jedoch erhalten. Die Grundhypothese war, dass auditive Muster, auch wenn sie von der linken oder rechten Seite abgestrahlt werden, über dem Zufall richtig identifiziert werden. Keine Befunde lassen auf Seitenunterschiede in bezug auf die Tonlokalisation spekulieren. Eine Unterlegenheit der seitlichen Position gegenüber den anderen Positionen kann aber aus folgenden Überlegungen erwartet werden: Durch das Aneinanderreihen der Anteile eines Tonmusters entstehen kontinuierliche Vergleichsmöglichkeiten, deren hypothetischer Informationsgehalt in der links-rechts Folge grösser ist als in der vorne-hinten Folge. Denn jede Bewegung von der linken zur rechten Peripherie erzeugt eine Umkehrung zwischen dem Hörkanal, welcher der Tonquelle zugewandt ist und demjenigen, welcher im Schallschatten liegt. Dieser Wechsel, von jetzt an als Kippeffekt bezeichnet, wird noch begleitet von grossen Winkeln zwischen der Schallquelle und den zwei Hörkanälen, welche in den vorne-hinten Bewegungen geringer ausfallen. Zwei Vorteile sind den seitlichen Positionen (ohne Kopfbewegung) vorenthalten und deshalb folgt die Annahme, dass die seitlichen Positionen im Vergleich zu den übrigen niedrigere Identifikationsraten erreichen sollten.

KOPFFIXATION

In der natürlichen Situation werden oft Kopfbewegungen während der auditiven Reizverarbeitung ausgelöst. Sie bezwecken die visuelle Zuwendung, um die Raumorientierung bzw. -fortbewegung der Reizsituation entsprechend anzupassen. Die Schallquelle kann durch die eingeleiteten Kopfbewegungen eindeutiger lokalisiert werden; WALLACHS (1939, 1940) Untersuchungen ergaben, dass die Rotationsbewegungen bei Tonquellen in der horizontalen Ebene maximalen Lokalisationswert hatten; dass aber in paralleler Darbietung, bei vertikaler Erhöhung der Reize, sich der Informationswert verringert. In Tonlokalisationsexperimenten haben THURLOW, MANGELS & RUNGE (1967) mit einer Anordnung von zehn Lautsprechern im dreidimensionalen Hörraum die freien Kopfbewegungen - welche den Pbn frei überlassen wurden - registriert. Meist ergaben sich ganze Muster von Kopfbewegungen, hauptsächlich in Richtung der Schallquelle, sodass dadurch die Tonquelle im Blickfeld erschien. THURLOW & RUNGE (1967) haben dann die Kopfbewegungen apparativ gesteuert und konnten somit die Ortungsfähigkeit beeinflussen. Im Gegensatz zur horizontalen Unterscheidung erbrachten die induzierten Bewegungen keine effektive Verbesserung bei den vertikal erhöhten Schallquellen.

KLENSCH (1948) konnte zeigen, dass Kopfbewegungen eine entscheidende Rolle in der vorn-hinten Tonunterscheidung spielen (später ähnliche Resultate von YOUNG, 1931, KOENIG, 1950, JONKHEES & VEER, 1958). Wenn der Ton kontinuierlich entweder von vorne oder hinten auf die Vpn zukommt, ergibt sich durch eine seitliche Kopfbewegung ein vergrößerter Unterschied (in Zeit, Intensität und Phasenverschiebung) zwischen dem dem Schall zu- und abgewandten Hörkanal. THURLOW (1972) kam zur Schlussfolgerung, dass durch diese Massnahme die vorn-hinten Tonlokalisation keine Schwierigkeit ergibt, somit keine Vertrautheit (familiarity) i. S. eines Lernprozesses für die Reizvergleiche notwendig ist.

Da Kopfbewegungen bei der Tonlokalisation als annähernd automatisierte Reflexe einzustufen sind, und hier die zentrale Fragestellung die vergleichende Identifikationsfähigkeit bei fünf verschiedenen

Positionen der Tonquellen im Hörraum war, stand logischerweise fest, dass die Kopfbewegungen möglichst eliminiert werden müssen. In einer Bedingung wurden deshalb wie bis anhin die Vpn vom Vl aufgefordert, die erwünschte Kopfhaltung beizubehalten. Vergleichsweise wurde eine apparative Kopffixation eingeführt (auch im Hinblick auf das geplante Registrieren der Augenbewegungen). Durch diese zwei Arten der Kopfstillhaltung bzw. Kopffixation kann prinzipiell kein signifikanter Leistungsunterschied in der auditiven Musterwahrnehmung erwartet werden. Eine tendenzmässige Verschlechterung bei der apparativen Kopffixation, als Folge von Nebeneffekten, war aus den folgenden zwei Gründen jedoch nicht ganz auszuschliessen: Erstens konnte man nicht erwarten, dass auf Grund einer mündlichen Aufforderung jegliche Bewegungen des Kopfes unterlassen werden, und zweitens könnte eine apparative Kopffixation als unnatürliche Einengung der möglichen Kopfstellungen die Leistungen negativ beeinflussen (und unter Umständen sogar Schallschatteneffekte erzeugen).

VISUELLE BEDINGUNG

Die Frage nach der mehr oder weniger direkten visuellen Beteiligung am auditiven Lokalisationsprozess wirft Fragen der intermodalen Raumwahrnehmung und -verarbeitung auf. Eine Untersuchung der Lokalisationsfähigkeit in einer einzelnen Sinnesmodalität führt zur allgemeineren Frage nach der Organisation der Umwelt schlechthin. Heute wird in den meisten Theorien daran festgehalten, dass die Raumwahrnehmung bzw. Lokalisation und Raumaufteilung aus einem Zusammenspiel der Sinnesmodalitäten entsteht (siehe Kapitel I). Oft wird der visuellen Modalität eine dominante Rolle zugestanden. BORING (1926) behauptet z.B., dass sich in den meisten Fällen die auditive Lokalisationsfähigkeit auf die visuelle Vorstellung stützt - "a visual context to an auditory core" (zitiert nach WARREN, 1970, S. 114).

In dieser Studie, welche sich mit Tonmustern auseinandersetzt, beschäftigte man sich diesbezüglich mit folgenden Fragen: (1) Welchen Einfluss auf die mögliche visuelle Anteilnahme haben die verschiedenen Lautsprecherwandpositionen, bei welchen die Tonquellen in unterschiedlichem Ausmass im Gesichtsfeld zu erkennen sind? (2) Welchen Einfluss hat die Dunkelheit (Dunkelbrille) bzw. die Illumination auf die Ortungsfähigkeit von Tonsequenzen?

ad 1: Wahrnehmungsunterschiede sind in Abhängigkeit von der Sichtbarkeit der Tonquellen zu erwarten. Die Lautsprecherwand befand sich ja bei den verschiedenen Positionen nicht immer oder nur teilweise im Gesichtsfeld. Die Lautsprecherpositionen werden nun im einzelnen in bezug auf das Gesichtsfeld besprochen. Bei den Präsentationen, Lautsprecherwand *vorne*, waren die Tonquellen im Gesichtsfeld und ermöglichten eine visuelle Orientierung bei der Musterauswahl innerhalb der Lautsprechermatrix. An Ort und Stelle konnte während den akustischen Reizen die vorgestellte Abfolge auch visuell abgetastet und eventuell so verdeutlicht werden (visual mapping of acoustical possibilities). Eindeutig ausschliessen konnte man erkennbare visuelle Hinweise, wie z.B. Vibrationen auf den einzelnen Lautsprechern während der Tonabgabe. In früheren Untersuchungen waren die Identifikationsraten bei Präsentationen mit einem undurchsichtigen Tuch vor der Lautsprecherwand im Vergleich zu den späteren ohne Tuch nicht niedriger.

Bei der Position, Reize von *hinten*, waren - obwohl sich die Lautsprecherwand nicht im Gesichtsfeld befand - andere visuelle Reizmöglichkeiten vorhanden wie z.B. die durch das Kabinfenster erkennbaren Apparaturen, welche eventuell sogar den auditiven Wahrnehmungsprozess hätten stören können. Für die übrigen Positionen, Reize von *oben*, *links* oder *rechts*, waren infolge einer unvollständig im Gesichtsfeld liegenden Lautsprecherwand keine eindeutigen Effekte zu postulieren. Einerseits waren visuelle Abtasthilfen begrenzt möglich, andererseits aber auch Störelemente (wie oben beschrieben) vorhanden.

ad 2: Durch die Verdunkelung (Dunkelbrille) wurden im Vergleich zu der illuminierten experimentellen Situation allgemein (über alle Lautsprecherpositionen) schlechtere Resultate erwartet. Diese Hypothese beruht auf den folgenden experimentellen Befunden. Die Untersuchungen von WARREN (1970) und PLATT & WARREN (1972) ergaben bei sichtbaren und auch verdeckten Tonquellen für die Tonlokalisation einen Vorteil im Vergleich zu geschlossenen Augen oder offenen in dunkler Umgebung. Das Alter der Vpn spielte eine wichtige Rolle, denn bei jüngeren Vpn ("second and sixth graders") war im Gegensatz zu den erwachsenen Pbn dieser Vorteil nicht signifikant, sondern nur tendenzweise vorhanden. Der Autor diskutiert die Möglichkeit, dass diese Altersunterschiede eventuell auf dem Aktivitätsunterschied der Augenbewegungen beruhen könnten (dieses Argument wird später unter ad 3 wieder aufgegriffen).

Bei geschlossenen Augen während der Tonpräsentation oder während der Beantwortung ("pointing to auditory targets") ergaben sich signifikant niedrigere Identifikationsraten gegenüber der Durchführung mit ständig offenen Augen. Dunkelheit, herbeigeführt durch das Augenschliessen oder durch das Verdunkeln der experimentellen Situation, ergab auf die Lokalisationsfähigkeit keinen signifikanten Effekt ($p < .05$). Die Leistungen mit offenen Augen in der Dunkelheit waren nur tendenzweise besser.

Für das nun folgende Experiment wurden aus diesen erwähnten Befunden folgende Konsequenzen gezogen: Die Dunkelheit wurde hier durch eine Brille erzeugt*, und zwar während den Tonfolgen und der Antwortzeit. Das Augenschliessen nach verbaler Aufforderung hätte im folgenden länger dauernden Experiment sicherlich die Anzahl der Störvariablen erhöht. Es muss an dieser Stelle klar festgehalten werden, dass bei dieser visuellen Bedingung (Dunkelbrille)

* Die Dunkelbrille wurde der Raumverdunkelung vorgezogen, weil der V1 auf das Sehen während der ganzen Durchführung des Experimentes angewiesen war. Die Dunkelbrille in Kombination mit dem sonst belichteten Umfeld erzeugte für die Pbn eine monotone grünlige Abdunkelung, welche nicht als unangenehm empfunden wurde.

die Augenbewegungen den Pbn frei überlassen waren und die Augen offen gehalten oder geschlossen werden konnten. Es sei hier kurz nochmals zusammengefasst: wenn die visuellen Mechanismen eine so grosse Rolle spielen bei der *Tonlokalisation*, wie die erwähnten Untersuchungen zeigen, dann ist ein negativer Effekt der Verdunkelung auch bei den *Tonsequenzen* sehr wahrscheinlich (zumal diese ja eine Musterverarbeitung verlangen, die in ihrer Vorstellung von der visuellen Modalität stark abhängig ist).

M E T H O D E

VERSUCHSPERSONEN

Für die Experimente wurden 48 Vpn getestet. 24 Frauen und 24 Männer im Alter zwischen 18 und 44 Jahren ($M = 24.6$, $s = 5.9$) wurden je in drei Gruppen zu je 8 Personen aufgeteilt. Die beruflichen Tätigkeiten dieser Personen variierten, jedoch waren drei Berufsgruppen häufiger vertreten, nämlich Spitalangestellte, Seminaristen und Bademeister. Alle Pbn kamen freiwillig und beurteilten ihr Hörvermögen in beiden Ohren als uneingeschränkt. Keine der Vpn war vorher an einem ähnlichen Experiment beteiligt, noch war ihnen die Absicht dieses Experimentes bekannt.

ALLGEMEINER UEBERBLICK DER VERSUCHSANORDNUNG

Eine Zusammenstellung der zentralen Versuchsbedingungen, anhand der aufgeführten Tabelle 12, soll erstens die Einordnung der im folgenden beschriebenen Vorgehensweise in ihrem Gesamtbezug erleichtern, und zweitens sind so von Anfang an die Vergleichsmöglichkeiten in der Gegenüberstellung zwischen den Variablenkomplexen ersichtlich.

Tabelle 12: Gegenüberstellung der Variablenkomplexe

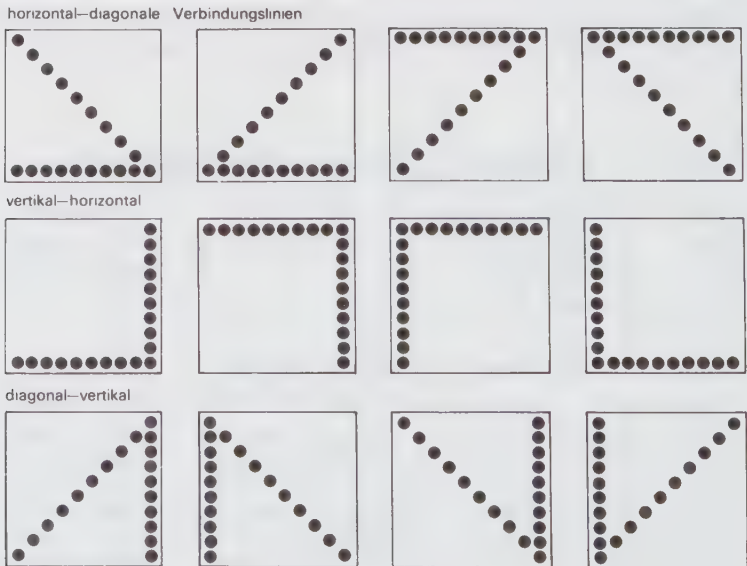
Anzahl der Pbn pro Gruppe	Lautsprecherwand zu den Hörkanälen	Kopffixation mit	visuellen Wahrnehmungsbedingungen
A: 16	alle fünf	durch Aufforderung an die Pbn	unbehindert
B: 16	alle fünf	apparative Kopfhalterung	Sicht behindert durch Dunkelbrille
C: 16	alle fünf	apparative Kopfhalterung	unbehindert und Registrierung der Augenbewegungen

STIMULI: TONMUSTER

Jedes Tonmuster durchlief in der Form von zwei miteinander verbundenen Geraden insgesamt 19 verschiedene Lautsprecherpositionen. Die zwei dafür selektionierten Linien ertönten entweder von den horizontalen oder vertikalen Lautsprecherreihen am Rande der Lautsprecherwand oder verbanden in diagonaler Abfolge zwei Ecken innerhalb der Lautsprecheranordnung. Somit ergaben sich die grösstmöglichen Muster von zwei miteinander verbundenen Tonlinien, wobei die Linien entweder im Winkel von 45° oder 90° zueinander standen. Insgesamt ergaben sich aus diesen Bedingungen 12 Winkelmuster, welche in Abbildung 8 dargestellt sind. Jede dieser Winkelformen wurde in beiden Abfolgerichtungen sequenziell dargeboten, sodass sich total 24 verschiedene Präsentationsformen ergaben. In allen diesen Tonreizen wurde wiederum die Tonfrequenz von 736 Hz und die Darbietungszeit 875 ms pro Lautsprecher verwendet.

Abbildung 8:

Winkelförmige Tonlinien



VERSUCHSBEDINGUNGEN:

LAUTSPRECHERWANDPOSITIONEN ZU DEN HOERKANAELEN

Bei allen bis zu diesem Zeitpunkt durchgeführten Experimenten wandten die Pbn die vordere Körperseite bzw. ihr Gesicht zur Lautsprecherwand* hin. Diese vordere Position wurde beibehalten und vier neue wurden eingeführt. Bei der linken, rechten und hinteren Position (räumliche Anordnung zwischen der Tonwand und der Vorderseite des Kopfes) wurde der Pb auf dem Untersuchungsstuhl entsprechend gedreht. Die Lautsprecherwand war auf einem hydraulischen Sockel montiert und damit konnte für jede Körpergrösse, respektive für die Höhe der Ohrmuscheln, individuell der Mittelpunkt auf der Wand entsprechend justiert werden. Das zwischen dem Sockel und der Hinterseite der Wand konstruierte Gestell enthielt drei Gelenke und ermöglichte die fünfte Position, bei welcher die Lautsprecherwand horizontal über der Vp aufgerichtet wurde. Die Distanz zwischen dem Mittelpunkt innerhalb der Lautsprecheranordnung und dem den Schallquellen zugewandten Hörkanal bzw. Kanälen betrug in den fünf räumlichen Positionen etwa 30 cm. Somit waren die Winkel zwischen den Hörkanälen und den äusseren Lautsprecherpositionen bei der vorderen, hinteren und oberen Position und wiederum für die linke und rechte Anordnungen konstant 56° . Die 120 Tonfolgen pro Vp waren unterteilt in fünf zufällig bestimmte Reihenfolgen der 24 möglichen Tonwinkel. Die Reihenfolge der fünf Positionen wurde zufällig zwischen den Pbn variiert.

VON VPN EINGEHALTENE UND APPARATIVE KOPFFIXIERUNG

Während der Testsituation wurde, wie bis anhin, eine Gruppe der Pbn aufgefordert, ihren Kopf nicht zu bewegen. Bei starken Abweichungen von der Ausgangslage, bei welcher die Vorderseite des Kopfes mit der Sitz- bzw. der Körperlage übereinstimmte, wurden die Pbn vom V1 aufgefordert, die Kopfbewegungen zu unterlassen und die ausgehende Kopfhaltung wieder einzunehmen. Bei zwei der

* Gleiche Lautsprecherwand wie in Kapitel III beschrieben.

getesteten Gruppen (siehe Tabelle 12) wurde jeweils der Kopf apparativ fixiert. Am Untersuchungsstuhl war die Kopfhalterung montiert, welche individuell an die Kopfposition der Vp durch horizontale und vertikale Einstellungen angepasst wurde. Die eigentliche Kopfhalterungsapparatur, welche ursprünglich für Hirnoperationen (Trigeminus) bestimmt war, bestand aus einem Stahlbügel und drei durch Feingewinde einzeln verstellbaren Kopfhaltern mit Gummipolster. Zusätzlich wurden zwei elastische Bänder mit verstellbaren Verschlüssen an den Kopfhaltern angebracht. Prinzipiell wurde darauf geachtet, anhand der verschiedenen Gelenke den optimalen Kompromiss zwischen adäquater Kopffixierung und einem geringen Schallschatten herzustellen. Dieser kann von der Apparatur erzeugt werden, wenn Teile davon zwischen den Höirkanälen und der Schallquelle liegen.

VISUELLE WAHRNEHMUNGSBEDINGUNGEN

Sicht behindert durch Dunkelbrille

Als Vergleichsbasis wurde bei einer Gruppe (siehe Tabelle 12) den Vpn die Augen mit einer rundherum abgeschlossenen Brille zugedeckt. Den Pbn wurde jeweils erst nach den Instruktionen und der apparativen Kopffixierung die Sicht verdunkelt. Auch während der Positionierung der Lautsprecherwand und/oder des Untersuchungsstuhles mussten die Vpn die Brille entfernen, um eine von den Tonfolgen unabhängige räumliche Zuordnungsschwierigkeit so weit als möglich zu eliminieren.

ABHAENGIGE VARIABLEN:

TAKTIL-KINAESTHETISCHE UND VISUELLE BEANTWORTUNG

Auf einer durchsichtigen Platte (30 x 30 cm) befestigt, umriss ein Drahtnetz die Konturen eines Quadrates (22 x 22 cm) inklusive den zwei diagonalen Verbindungslinien. Für den Vl markierten bestimmte

Zahlen auf beiden Seiten der Platte die Quadranten. Der V1 registrierte alle Winkelidentifikationen nach den nummerierten Quadranten, ohne jedoch den Pbn ein Feedback zu geben. Die Beantwortungsplatte wurde von der Vp parallel zur Stellung der Lautsprecherwand so gehalten, dass kein Schallschatten zwischen Tonquelle und Hörkanälen erzeugt werden konnte. Ohne fixierte Antwortzeiten wurden die Vpn aufgefordert, direkt nach der akustischen Reizpräsentation die wahrgenommene Winkelform auf dieser Platte mit den entsprechenden Bewegungen zu identifizieren. In der Gruppe, in welcher die Augen verbunden waren, mussten sich die Vpn taktil an dem Drahtnetz orientieren. Bei den anderen zwei Gruppen war hingegen im Vergleich zu den taktil gesteuerten Bewegungen die visuelle Orientierung dominierend. Die mögliche Auswahl der Winkelformen wurde expliziert. Vor jeder räumlichen Positionierung wurden die Winkelformen vom V1 auf der Wand durch Bewegungen angegeben und der Pb musste sie auf der Antwortplatte nachahmen. Einige Beispiele genügten immer, um das Prinzip klar zu machen.

Im folgenden noch einige Bemerkungen zur Auswahl dieser Art von Tonsequenzen. Die winkelförmigen Muster hatten gegenüber den sonst verwendeten alphabetischen oder numerischen Mustern den Vorteil, dass die Präsentationsdauer bei allen konstant war. Entscheidend war jedoch folgendes: bei den hier verwendeten Lautsprecherwandpositionen konnten die Tonsequenzen ohne zusätzliche Rotationen und Verschiebungen der Muster bei der Beantwortung identifiziert werden. Man müsste sich z.B. bei einem von oben präsentierten Buchstaben für die Identifikation eine Verschiebung nach vorne usw. vorstellen.

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass die Beantwortungszeit den Pbn angepasst wurde.

R E S U L T A T E

In einem ersten Schritt wurden die allgemeinen Versuchsbedingungen - Kopffixationen gekoppelt mit den visuellen Bedingungen und Lautsprecherwandpositionen zu den Hörkanälen - einander gegenübergestellt. Zweitens wurden die Antworttendenzen zwischen den einzelnen Mustermöglichkeiten verglichen. Darunter hat man zuerst die Beantwortungshäufigkeiten aufgeführt, und darnach wurden die Antworten in richtige und falsche gruppiert und nach bestimmten Kategorisierungen weiter ausgewertet. In diesem Vorgehen sind zwei Fehleranalysen enthalten. In einem dritten Schritt wurde der Übungseffekt innerhalb den Darbietungsreihen verfolgt. Der Abschluss der Resultatenauswertungen bilden die Darstellungen der registrierten Augenbewegungen während den akustischen Darbietungen.

GEGENUEBERSTELLUNGEN DER ALLGEMEINEN VERSUCHSBEDINGUNGEN ANHAND DER RICHTIGEN MUSTERIDENTIFIKATIONEN

Die 48 Pbn haben von den total 5'760 präsentierten Tonmustern 36% richtig identifiziert, wobei dieser Identifikationsanteil signifikant über dem zufallsbedingten Erwartungswert liegt (Chi-Quadrat für Proportionen, $p < .001$). Zweiundzwanzig Enthaltungen, also 0,4%, wurden gesamthaft registriert. In Tabelle 13 sind die richtigen Antworten nach den fünf Lautsprecherwandpositionen zu den Hörkanälen und den zwei unterschiedlichen Kopffixationen mit den variierenden visuellen Wahrnehmungsbedingungen aufgegliedert.

Uebereinstimmend mit Tabelle 13 wurde eine zweifache Varianzanalyse gerechnet und es ergaben sich für beide Faktoren (erstens fünf Lautsprecherwandpositionen zu den Hörkanälen und zweitens drei Versuchsgruppen mit unterschiedlichen Kopffixationen und visuellen Bedingungen) Signifikanzen (je $p < .001$), jedoch ohne signifikante Wechselbeziehung ($p = .57$); siehe im Anhang Tabelle 31. Die post hoc durchgeführten Scheffé F Vergleiche zwischen den drei Versuchsbedingungen ergaben erstens, dass beide Gruppen (B und C) mit

Tabelle 13: Unterschiedliche Musteridentifikationen in den Lautsprecherwandpositionen

		Positionen der Lautsprecherwand					
Versuchs-	gruppen						Σ
		vorne	hinten	links	rechts	oben	
A	M	10.88	10.44	8.25	7.75	12.63	9.99
	s	2.25	2.61	2.79	2.93	3.46	3.32
B	M	9.00	9.13	4.63	4.50	10.13	7.48
	s	1.63	2.31	1.82	2.76	2.39	3.26
C	M	9.50	10.06	5.44	5.06	11.30	8.27
	s	2.42	2.14	2.13	2.08	3.12	3.48
Σ	M	9.79	9.88	6.11	5.77	11.35	
	s	2.25	2.39	2.74	2.95	3.15	

N pro Gruppe: 16

Maximaler Punktwert: 24

apparativer Kopffixation schlechtere Resultate erzielten im Vergleich zu den 16 Pbn (A), welche nur verbal aufgefordert worden waren, Kopfbewegungen zu unterlassen (je $p < .001$). Zweitens erzielten die Pbn (B) trotz verbundenen Augen zur Vergleichsgruppe (C) keine signifikant schlechteren Resultate ($p = .16$).

Die Scheffé F Vergleiche zwischen den fünf Lautsprecherwandpositionen zeigten, dass bei den links- und rechtsseitigen Stellungen im Vergleich zu allen anderen Raumanordnungen signifikant weniger Tonfolgen richtig identifiziert wurden (je $p < .001$). Keine signifikanten Unterschiede bestanden jedoch zwischen den Antworten bei der linken und rechten Lautsprecherposition bzw. den Antworten bei der vorderen, hinteren und oberen Position.

In diesem Kontext war noch die folgende Frage abzuklären: sind die signifikant schlechteren Identifikationsanteile bei der links- und rechtsseitigen Position im Vergleich zu den anderen, innerhalb der drei Versuchsbedingungen A, B und C gleichwertig ausgeprägt? Zwecks einer feineren Analyse wurden alle Scheffé F Tests, welche innerhalb dieser zweifachen Varianzanalyse möglich waren, gerechnet, um Einzel-Zell-Vergleichen nachzugehen. Bei den Gruppen B und C bestätigte sich weiterhin diese Tendenz, bei Gruppe A jedoch waren die beiden seitlichen Positionen lediglich im Vergleich zur oberen Lautsprecheranordnung signifikant schlechter. Ohne apparative Kopffixation erzielte Gruppe A etwa gleichwertige Resultate (bzw. keine signifikant unterschiedliche) in der linken, rechten, vorderen und hinteren Position ($p < .05$). Analog waren auch keine signifikanten Unterschiede zwischen der oberen, vorderen und hinteren Stellung zu verzeichnen ($p < .05$).

ANTWORTTENDENZEN ZWISCHEN DEN EINZELNEN MUSTERMOEGLICHKEITEN

Beantwortungshäufigkeiten

Die Anzahl der Musterpräsentationen wurde im Versuchsplan für alle 24 Tonwinkel konstant gehalten, jedoch wurden die 24 Antwortmöglichkeiten nicht gleichmässig gewählt. Der Unterschied zwischen der niedrigsten und höchsten Häufigkeit (125 und 415), über alle drei Gruppen zusammengefasst, betrug 290 Beantwortungen (für alle 48 Vpn wurde jedes Winkelmuster 240 mal präsentiert). Parallel zu diesen Unterschieden in den Beantwortungshäufigkeiten zeichneten sich auch Differenzen in der Anzahl der richtigen Identifikation ab,

und die Zunahme in den Beantwortungen innerhalb der möglichen Musterauswahl korrelierte hoch mit der Zunahme der richtigen Identifikationen (Spearman Rang Korrelation, $r_s = .9$; $p < .001$). Mit anderen Worten: ein häufig gewähltes Tonmuster wurde auch häufiger richtig identifiziert als ein selten gewähltes.

Es gibt keine offensichtliche Anhaltspunkte, um anhand der experimentellen Bedingungen diese Präferenzen in der Winkelauswahl zu erklären. Unter Umständen könnte eine Erklärung in den prinzipiellen Wahrnehmungsunterschieden zwischen den vertikalen, diagonalen und horizontalen Tonsequenzen gesucht werden. Um diesen Richtungsunterschieden nachzugehen, wurden post hoc drei Winkelkategorien gebildet, welche alle Winkelmuster nach den Richtungen einordneten. In Abbildung 8 sind diese drei Kategorien bereits enthalten, von je acht horizontal-diagonalen (*h-d*), vertikal-horizontalen (*v-h*) und diagonal-vertikalen (*d-v*) Tonwinkeln, welche in den folgenden Analysen massgebend sind. Dargestellt in den Abbildungen 9, 10 und 11, sind die Häufigkeiten für die drei Winkelkategorien jeweils in richtige und falsche Beantwortungen eines Winkels unterteilt.

Abbildung 9: Richtige und falsche Identifikationen der horizontal-diagonalen Winkelkategorie

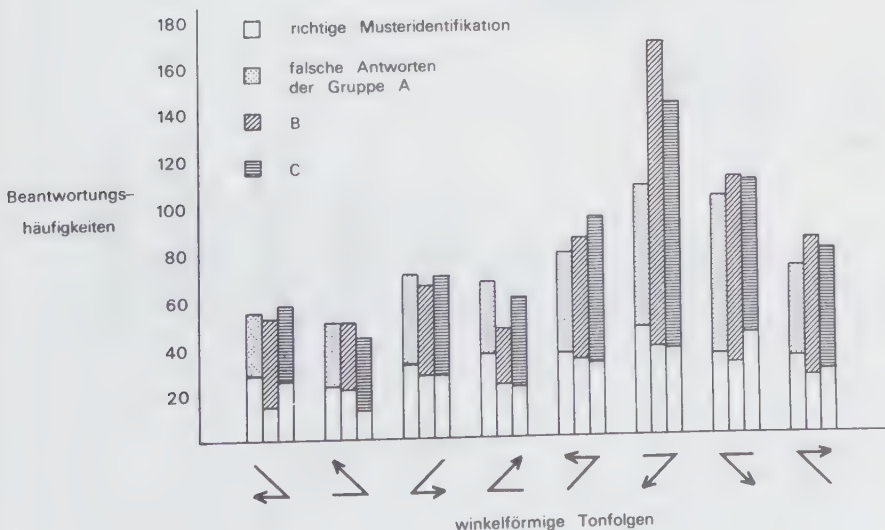


Abbildung 10: Richtige und falsche Identifikationen der vertikal-horizentalen Winkelkategorie

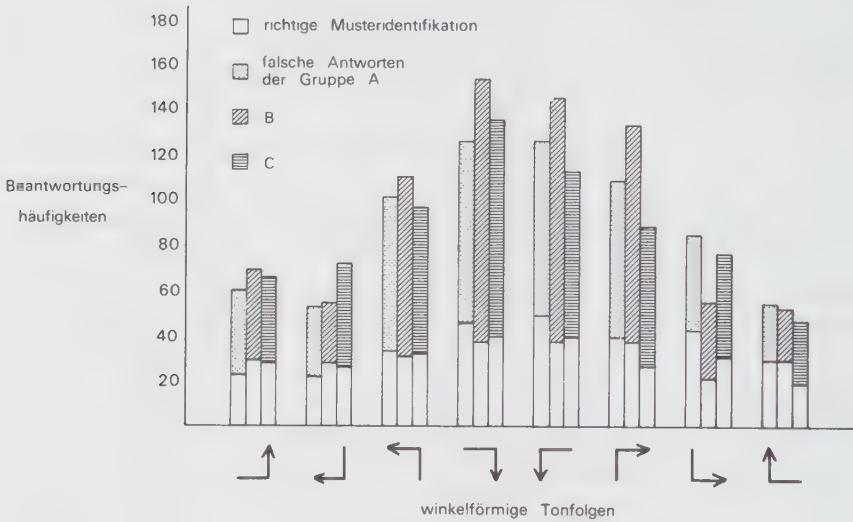
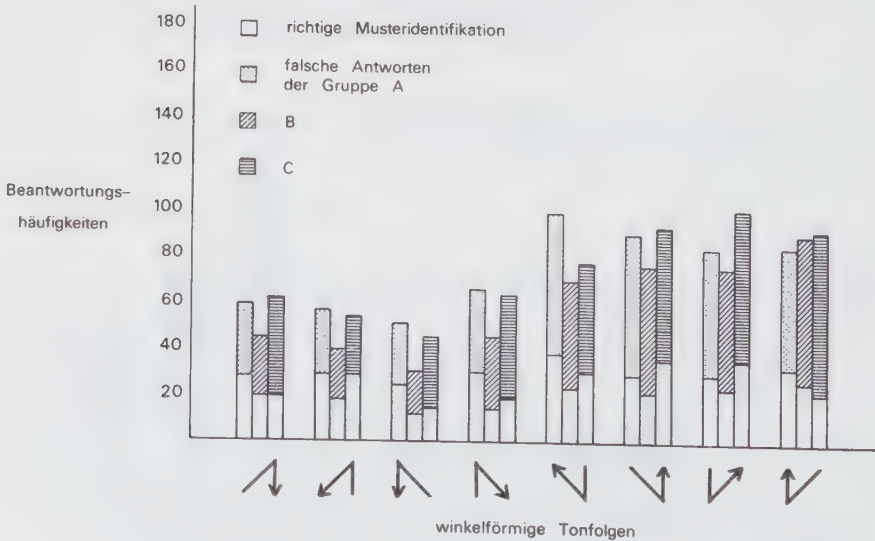


Abbildung 11: Richtige und falsche Identifikationen der diagonal-vertikalen Winkelkategorie



Wiederum variierten innerhalb der drei Kategorien die Auswahlhäufigkeiten stark (Chi-Quadrat für jede der drei Gruppen $p < .05$). Auch die Gesamthäufigkeit (über alle Gruppen und Lautsprecherwandspositionen der Beantwortungen der drei Kategorien war im Vergleich untereinander unterschiedlich (Chi-Quadrat $p < .05$), wobei die höchste Antworthäufigkeit der $v-h$ Kategorie zufiel (2'183), gefolgt von den $h-d$ (1'926) und $d-v$ (1'629) Kategorien. Die richtigen und falschen Antworten sind in Tabelle 14 aufgeführt und in die drei gebildeten Winkelkategorien für die Gruppen A, B und C unterteilt.

Tabelle 14: Beantwortungshäufigkeiten aufgegliedert nach den drei Winkelkategorien

		B E A N T W O R T U N G E N								
		Winkelkategorien								
P R A E S E N T A T I O N E N	Winkelkategorien	$h-d$			$v-h$			$d-v$		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
		<u>268</u> ^a	<u>211</u>	<u>249</u>						
		$h-d$			67	93	77	84	69	102
		219	264	217						
					<u>285</u>	<u>241</u>	<u>242</u>			
		$v-h$			165	161	187	132	157	141
		$d-v$			199	279	187	<u>241</u>	<u>161</u>	<u>197</u>
								125	81	139

^aDie richtigen Beantwortungen sind jeweils unterstrichen.

Bemerk. Die Beantwortungen wurden in jeder der drei Winkelkategorien nach den Gruppen aufgeteilt.

Ein weiterer grober Versuch mit dem Ziel, die unterschiedlichen Auswahlhäufigkeiten zu quantifizieren, war durch die Einteilung der Musterwahl nach den vier möglichen Anfangsstellen eines Tonwinkels gegeben (oben links und rechts sowie unten links und rechts). Anhand dieser Aufteilung ergaben sich unterschiedliche Antworthäufigkeiten (Chi-Quadrat, $p < .05$): während kein Seitenunterschied zwischen links und rechts Signifikanz erreichte ($p = .5$), wurden die oberen zwei Anfangsstellen im Vergleich zu den unteren bevorzugt ($p < .05$).

Um weiteren Unterteilungen, speziell auch den Richtungsunterschieden der Tonsequenzen nachzugehen, wurden in den folgenden Abschnitten die Musteridentifikationen in richtige oder falsche Antworten aufgegliedert, wobei experimentelle Variablen jeweils miteinbezogen wurden.

Richtige Musteridentifikationen

Wiederum gestützt auf die drei Winkelkategorien wurden in Tabelle 15 die richtigen Antworten für alle drei Vp-Gruppen mit den Unterteilungen in die Lautsprecherwandpositionen zu den Hörkanälen aufgestellt.

Eine dreifache Varianzanalyse, parallel zur Aufteilung in Tabelle 15, erbrachte Signifikanz für alle drei Faktoren (drei Versuchsgruppen, fünf Lautsprecherwandpositionen und drei Winkelkategorien, je $p < .001$); siehe im Anhang Tabelle 32.

Keine der Wechselbeziehungen zwischen den Faktoren war signifikant (alle $p > .1$). Die Gruppen- und Positionsresultate bestätigten sich wiederum, wie oben beschrieben, in den Scheffé F Vergleichen. Die Vergleiche zwischen den Winkelkategorien ergaben keinen signifikanten Unterschied zwischen $h-d$ und $v-h$, doch wurden die $d-v$ vergleichsweise zu den anderen zwei Kategorien signifikant weniger richtig identifiziert (Scheffé F, $p < .001$). Die schon beschriebenen Analysen der Versuchsbedingungen wurden anhand der richtigen Identifikationen durchgeführt, auf welche deshalb in diesem Kontext verwiesen wird.

Tabelle 15: Richtige Antworten aufgegliedert nach Versuchs-
gruppen, Lautsprecherwandpositionen
und Winkelkategorien

		Positionen der Lautsprecherwand				
Versuchs-	gruppen					
		<i>vorne</i>	<i>hinten</i>	<i>links</i>	<i>rechts</i>	<i>oben</i>
A	<i>h-d</i> ^a	3.56	3.38	2.69	3.00	4.31
	<i>v-h</i> ^b	4.13	3.44	2.94	2.63	4.69
	<i>d-v</i> ^c	3.00	3.63	2.63	2.25	3.63
B	<i>h-d</i>	3.50	2.69	1.81	1.44	3.63
	<i>v-h</i>	3.44	3.88	2.06	1.50	3.75
	<i>d-v</i>	2.06	2.56	0.81	1.50	2.75
C	<i>h-d</i>	2.88	3.56	1.88	1.81	3.94
	<i>v-h</i>	3.81	4.00	1.81	1.38	4.13
	<i>d-v</i>	2.81	2.50	1.75	1.88	3.06

^a*h-d* = horizontal-diagonale Winkelkategorie

^b*v-h* = vertikal-horizontale

^c*d-v* = diagonal-vertikale

N pro Gruppe: 16

Maximaler Punktwert: 8

Fehleranalyse

Der gesamte Fehleranteil aller akustischen Präsentationen betrug rund zwei Drittel (siehe dazu Abbildungen 9, 10 und 11), und im folgenden werden einige Aspekte selektioniert, um diesen Fehler-

anteil teilweise zu verwerten*. In der nun folgenden Tabelle wurden analog zur Tabelle 14 die Werte der Winkelkategorien und für alle drei Vp-Gruppen zusammengefasst. Im Unterschied zu den Rohwerten in Tabelle 16 sind hier die prozentualen Fehleranteile angeführt.

Tabelle 16:

Falsche Antworten unterteilt in Winkelkategorien

Reize aufgeteilt in Winkelkategorien		Fehlerverteilung der Musterbeantwortungen		
		(in %)		
		<i>h-d</i>	<i>v-h</i>	<i>d-v</i>
	<i>h-d</i>	59	20	21
	<i>v-h</i>	17	45	38
	<i>d-v</i>	23	50	27

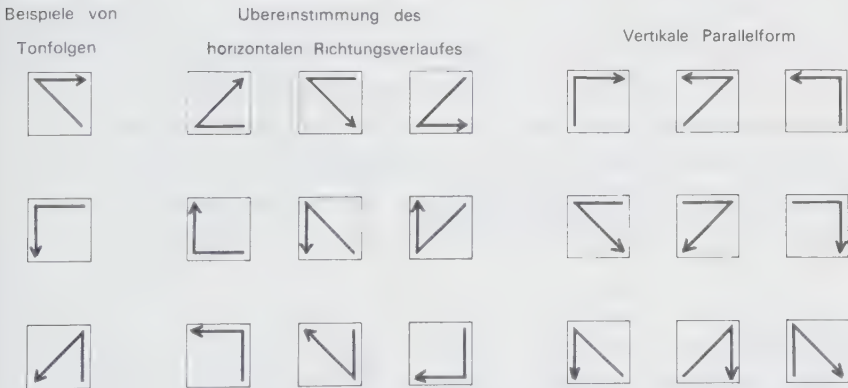
Die Verwechslungen, in Kategorien aufgegliedert, sind untereinander ungleichmässig verteilt (Chi-Quadrat, durchgeführt für die Fehlerverteilung bei allen drei Reizkategorien, je $p < .001$). Mit Verwechslungen, welche ausschliessliche der eigenen Kategorie zufallen (z.B. bei *h-d* Reizen, *h-d* Verwechslungen usw.), werden bereits 43% aller Fehler einteilbar.

* Die hier verwendeten Fehleranalysen haben zum Ziel, die Verwechslungen zwischen den winkelförmigen Sequenzmustern aufzuzeigen. Es wurde nicht beabsichtigt, hier die experimentellen Bedingungen anhand einer Fehleranalyse wiederum zu vergleichen, sondern unterschiedliche Wahrnehmungsprozesse, welche das Auftreten von spezifischen Verwechslungen beeinflussen, sollen primär erfasst werden. In diesem Sinne wurden die Winkelkategorien eingeführt.

Ein zweiter Versuch, die Fehler zu analysieren, basierte auf dem Richtungsverlauf einer Tonfolge. Den Anstoss dazu gaben die bis zu diesem Zeitpunkt gewonnenen Grundkenntnisse, dass horizontale Tonfolgen für die auditive Musterwahrnehmung massgebend sind. Folgende verschiedene Fehler wurden unterschieden: *richtungsähnliche* im horizontalen bzw. im vertikalen Verlauf und andere Antworten, welche von jetzt an als extrem falsche bezeichnet werden und alle anderen Verwechslungsmöglichkeiten repräsentieren. Beispiele für die zwei richtungsähnlichen Fehlerkategorien sind in Abbildung 12 dargestellt.

Abbildung 12: Einige Beispiele zur vertikalen und horizontalen Fehlerkategorie

Reize Falsche, jedoch richtungsähnliche Antworten



Für jedes präsentierte Winkelmuster ergaben sich drei horizontale und drei vertikale richtungsähnliche Muster, d.h. alle horizontalen oder diagonalen Verläufe waren in der gleichen *Richtung*, von einer Seite zur anderen usw., und jegliche vertikalen Komponenten wurden vernachlässigt.

Vice versa wurden als Vergleichskontrolle die Fehler klassifiziert, unter Beibehaltung des vertikalen Richtungsverlaufes (von oben nach unten oder umgekehrt), wobei dann die möglichen horizontalen Verläufe keine Verwertung fanden (siehe wiederum Abbildung 12 für vertikale Richtungsähnliche).

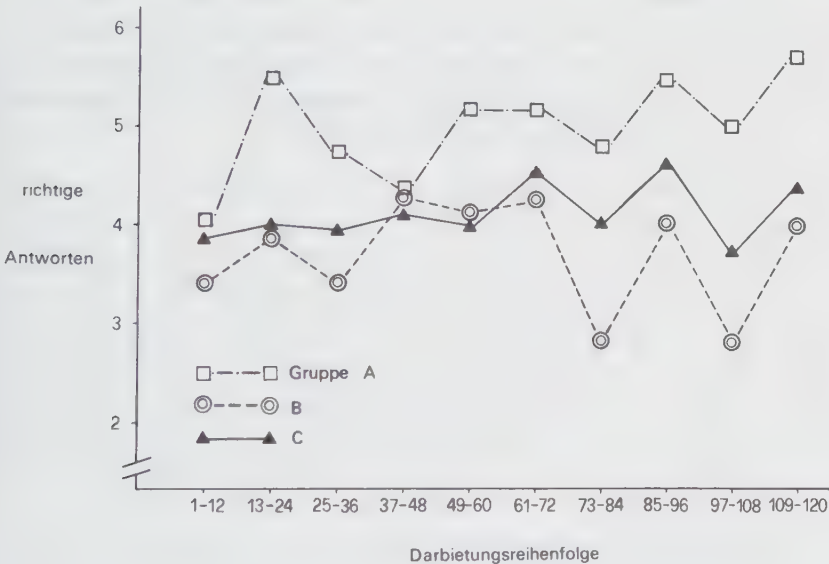
Insgesamt erklären die Winkelauswahlen, bei welchen der horizontale Richtungsverlauf richtig identifiziert wurde, 55% des ganzen Fehleranteiles. Den primär nach den vertikalen Tonfolgen orientierten Mustergruppierungen fallen vergleichsweise nur 4% zu. Zusammengefasst stehen bei jeder akustischen Präsentation 24 Winkel zur Auswahl. Insgesamt wurden rund 37% richtig identifiziert. Wiederum gesamthaft betrachtet, erklären die horizontalen richtungsähnlichen Fehlerkategorien 35% aller Beantwortungen (643 Antworten bei Gruppe A, 711 bei B und 646 bei C). Ein Sechstel der Auswahl (also aus 24 eine richtige Antwort und drei horizontal richtungsähnliche pro Darbietung) erklärt somit 72% aller Antworten, oder umgekehrt formuliert, 28% der Antworten sind extrem falsch und verteilen sich mehr oder weniger zufällig auf fünf Sechstel der Auswahl.

UEBUNGSEFFEKTE

Auch in dieser experimentellen Serie soll die Frage nach einem möglichen Uebungseffekt gestellt werden. Der Uebungseffekt bezeichnet eine positive Veränderung in der Anzahl richtiger Identifikationen, welche sich innerhalb der Darbietungsreihenfolge bzw. Abschnitte davon ergibt, ohne externen Feedback vom V1. Für diese generelle Abklärung wurden die richtigen Musteridentifikationen in ihrer zeitlichen gegebenen Reihenfolge, ohne Rücksicht auf die experimentellen Varianten, aneinandergereiht. (Zur Erinnerung: jeder Vp wurden 120

Tonmuster präsentiert, das sind 12 verschiedene Tonmuster in zwei Abfolgerichtungen und fünf Lautsprecherwandpositionen). In der Abbildung 13 wurde dementsprechend für jede Versuchsgruppe der durchschnittliche Beantwortungsverlauf über 120 Tonwinkel aufgezeichnet. Erstens kann der Verlauf über die zehn Intervalle von je

Abbildung 13: Verlaufskurve der winkelförmigen Darbietungen



12 Mustern beobachtet werden. Zweitens kann der Uebungseffekt innerhalb der fünf Abschnitte überprüft werden, indem jeweils die erste Hälfte von 24 Mustern mit der zweiten verglichen wurde. Zusammen mit der Berücksichtigung der Gruppenwerte ergab dies eine dreifache Varianzanalyse mit den Faktoren (drei) Versuchsgruppen, Reihenfolge der (fünf) Lautsprecherwandpositionen und (zwei) Hälften innerhalb den Positionen.

Die Gruppenwerte waren unterschiedlich, analog zur Beschreibung oben. Der Vergleich der fünf Stellungen innerhalb der Reihenfolge, (welche die fünf zufällig variierten Lautsprecherwandpositionen darstellen), ergab keine Signifikanz ($p = .59$). Der Vergleich der Hälften innerhalb dieser fünf Abschnitte war signifikant ($p < .01$). Die Wechselbeziehungen waren nicht signifikant (p zwischen .66 und .85); siehe im Anhang Tabelle 33. Der Scheffé F Test bestätigte einen positiven Uebungseffekt von der ersten zur zweiten Hälfte ($p < .01$). Zusammengefasst trat trotz der viermaligen Wiederholung der gleichen 24 Tonwinkel kein positiver Transfereffekt zwischen den fünf Abschnitten auf, innerhalb den Abschnitten jedoch zeigten die Vergleiche zwischen den Hälften einen positiven Uebungseffekt (der richtigen Musteridentifikationen).

ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

In der nun folgenden Abhandlung sind die Variablenkomplexe in ihrer üblichen Reihenfolge aufgeführt; Kopffixation und visuelle Bedingung, Uebungseffekte kommen dazu, doch als erstes zur Lautsprecherwandposition.

AUDITIVE WAHRNEHMUNGSUNTERSCHIEDE ERZEUGT DURCH DIE VARIATION DER LAUTSPRECHERWANDPOSITION

Bei den in diesem Experiment neu eingeführten Positionen, Reize von *hinten*, *oben*, *links* und *rechts*, wurden die akustischen Sequenzen signifikant über dem Zufall richtig identifiziert. Gesamthaft, also über alle drei Gruppen betrachtet, waren im Vergleich zur *frontalen* Lautsprecheranordnung die erzielten Resultate der Tonreize von *hinten* gleichwertig. Antworten auf Tonfolgen von *oben* waren tendenzweise die besten. Die dargebotenen Reize von *links* oder *rechts* ergaben im Vergleich zu den anderen Positionen signifikant schlechtere Identifikationsraten.

Die Sequenzwahrnehmung der Töne von *hinten* beruht primär auf der auditiven Reizverarbeitung. Diese Schlussfolgerung wird durch die Tatsache gestützt, dass die Tonquellen in dieser Position nie ersichtlich waren. Durch das Aneinanderreihen der Töne waren genügend Vergleichsmomente zueinander vorhanden (i.S. von THURLOW, 1972). Die Reize von *hinten* trafen aus gleichwertigen Richtungen analog zur *frontalen* Lautsprecherwandposition auf die äussere Form des Ohres, welche deshalb keine Benachteiligung mit sich brachte.

Bei den zwei *seitlichen* Positionen hingegen waren die Ohrmuscheln massgebend für die vorne-hinten Vergleiche (wie die Resultate von KIETZ, 1953, zeigten). Im Vergleich zu den Präsentationen von vorne ergaben sich wie erwartet wichtige Unterschiede in dem auditiven

Wahrnehmungsprozess. Die seitlichen Tonpräsentationen weisen im Vergleich reduzierte Winkel zwischen den zwei Hörkanälen und der Schallquelle auf. Parallel dazu ist die Lokalisationsfähigkeit benachteiligt. Im Unterschied zu den übrigen Anordnungen der Wand kommen keine Kippeffekte (dieser Effekt wurde auf S. 69 definiert) zustande. Aus diesen unterschiedlichen auditiven Möglichkeiten, die Tonreize zu verarbeiten, sind die Leistungsverminderungen der seitlichen Positionen erklärbar.

Ein den Erwartungen widersprechendes Resultat ergab sich bei den Präsentationen von oben. Der Informationsanteil der vertikalen Musterelemente wurde, wie in Kapitel I beschrieben, als gering eingestuft. Diese vertikalen Tonfolgen wurden bei der oberen Lautsprecherwandposition grösstenteils eliminiert und in hinten-vorne Tonfolgen verwandelt. Das postulierte Ausmass der Leistungszunahme wurde jedoch bei weitem nicht erreicht. Eine tendenzweise gesteigerte Identifikationsrate war bei allen drei Gruppen zu verzeichnen, doch der Vorteil muss als gering betrachtet werden. Die in der oberen Lautsprecherwandposition fast ausschliesslich in der horizontalen Ebene abgespielten Tonfolgen ergaben im Vergleich zur horizontal-vertikalen Präsentation minimale Leistungssteigerungen. Auf der Ebene der Tonortungsfähigkeiten ist dieses Ausbleiben einer Leistungszunahme nicht zu erklären. Auf der Ebene der Sequenzwahrnehmung kommen komplexe Identifikationsprozesse dazu. Diese könnte man bei Tonreizen von oben für Schwierigkeiten in der Musterumwandlung, beim generieren von Auswahlmöglichkeiten, Rotationen usw. verantwortlich machen.

Diesem Argument muss jedoch entgegengehalten werden, dass ähnliche Schwierigkeiten auch bei der hinteren Lautsprecherwand auftreten könnten, und dass der Leistungsunterschied im Vergleich zur vorderen Position sehr gering war. Auf jeden Fall kann festgehalten werden, dass die mögliche Identifikationsrate schon in der vorderen oder auch hinteren Position - bei den horizontalen und vertikalen Präsentationsformen - erreicht wurde. Dies impliziert Limiten für die akustische Sequenzwahrnehmung, welche in ihrer räumlichen Ausbreitung im Vergleich zur Tonlokalisation anders gestaltet sind.

DIE ROLLE DER UNTERSCHIEDLICHEN KOPFFIXATIONEN

In Gruppe A ohne apparative Kopffixationen unterschieden sich die richtigen Antworthäufigkeiten in allen vier Positionen im äquatorialen Umkreis nicht signifikant voneinander. Nach der eingeführten apparativen Kopfhaltung bei den Gruppen B und C reduzierten sich die richtigen Antworten signifikant. Die seitlichen Positionen ergaben im Vergleich zu den Werten der vorderen oder hinteren Lautsprecherwandposition niedrige, ja sogar auf etwa die Hälfte reduzierte Identifikationsraten. Diese Leistungsunterschiede sind primär der unterschiedlichen Kopffixation zuzuschreiben.

Trotz der Aufforderung zur Kopfstillhaltung in Gruppe A war der Trend einer Kopfbewegung zur Schallquelle hin immer wieder beobachtet worden. An dieser Stelle seien deshalb einige Beobachtungen erwähnt. Einerseits fand eine relativ langsame und sich konstant wiederholende Zuwendung des Kopfes zur Wand hin statt. Andererseits wurden auch ruckartige schnelle Bewegungsmuster beobachtet zwischen Zuwendung zur Schallquelle hin und dann zurück zur Ausgangslage, analog zu den von THURLOW et.al. (1967) beschriebenen "reversals in movement". Die vom V1 eingeleiteten Korrekturen fanden meistens nicht während den Präsentationen statt, um von der Perzeption der Tonfolge nicht abzulenken bzw. diese zu unterbrechen, oder dadurch gerade die Kopfbewegungen noch zu vermehren. Auch von den Vpn selber eingeleitete Korrekturen konnten festgestellt werden. Die Beobachtungen ergeben das eindeutige Bild, dass ohne apparative Halterung bei den seitlichen Positionen die Kopfbewegungen hauptsächlich in Richtung der Schallquelle waren. Von physikalischen und physiologischen Überlegungen her ist der durch die Rotation des Kopfes erzeugte Informationsgewinn am stärksten bei den seitlichen Lautsprecherwandpositionen ausgeprägt. POLLACK & ROSE (1967) haben sogar behauptet, dass Kopfbewegungen für die Tonlokalisation im äquatorialen Umkreis von Nachteil waren, mit einer Ausnahme: Die Schallquelle war seitlich vom Kopf und die Zeitdauer der Stimuli erlaubte Drehbewegungen während des Reizes. Das hier aufgeführte Experiment benutzte Präsentationszeiten von 875ms pro Lautsprecher und dies neunzehnmal, um ein winkelförmiges Muster zu gestalten. Diese Darbietungsdauer war lange genug, um durch Kopfbewegungen Vorteile erzielen zu können.

Festzuhalten gilt folgendes: die Erwartungen des leicht negativen Effektes, bedingt durch die apparative Kopffixation, ist eingetreten. Von den Erwartungen abweichend sind die stark reduzierten Identifikationsraten bei den links- und rechtsseitigen Präsentationen. Kein unterschiedliches Resultat entstand zwischen links und rechts. Die seitlichen Positionen erzeugten in Gruppe A, auf Grund der Beobachtungen, eine systematische Zuwendung zur Schallquelle hin. Durch diese Kopfbewegungen verwandelten sich die vorne-hinten Musterkomponenten mehr und mehr in links-rechts Folgen. Im Vergleich dazu waren in den Gruppen B und C die effektiven vorne-hinten (im Zusammenhang mit den vertikalen) Folgen signifikant schwieriger zu verwerten im Identifikationsprozess. Dies bedeutet für zukünftige Sequenzwahrnehmungsexperimente - speziell bei Reizdarbietungen seitlich vom Kopf -, dass die Rolle der Kopfstillhaltung ähnlich wie bei der Tonlokalisation massgebend ist.

VISUELLE BEDINGUNG IM ZUSAMMENSPIEL MIT DEN IDENTIFIKATIONSPROZESSEN VON TONSEQUENZEN

In diesem Experiment waren die visuell erkennbaren Lautsprecher auch immer die effektiven Tonquellen für die Präsentationen der akustischen Muster. (Im Unterschied zu den zitierten Arbeiten von WARREN, 1970; PLATT & WARREN, 1972; MAN'KOVSKII, 1969, bei welchen die visuell erkennbaren Lautsprecher vorgetäuscht wurden.) Die Sichtbarkeit der Tonquellen war also immer gekoppelt mit den effektiven auditiven Wahrnehmungsunterschieden. Jede Aussage über die aktive visuelle Beteiligung anhand der Identifikationsraten der Tonfolgen bleibt jedoch spekulativ oder indirekt. Zuerst soll auf das Verdunkeln der experimentellen Situation eingegangen werden und darnach folgen die Äusserungen zu den Analysen des EOGs.

Verdunkelung

Ein negativer Effekt, abhängig von dem Verdunkeln der experimentellen Situation, wurde postuliert. Entgegen den in der Einführung erwähnten Befunden, welche die Basis für diese Hypothese bildeten, waren die Musteridentifikationen in verdunkelter Umgebung nicht signifikant schlechter. Der Unterschied zwischen den zitierten Arbeiten und dem hier aufgeführten Ergebnis liegt wiederum im Unter-

schied zwischen der Tonlokalisation und der Musterwahrnehmung. Letztere ist eine akustische Sequenzwahrnehmung und kann als Punkt-zu-Punkt Vergleich vor sich gehen. Deshalb ist die durch die Verdunkelung herbeigeführte Behinderung gering. Daraus würde folgen, dass sich die visuelle Beteiligung bei der Wahrnehmung von Tonfolgen grundsätzlich von der Tonlokalisation unterscheidet.

Man könnte sich vorstellen, dass eine gesamthafte Verschiebung des visuellen Feldes - wie durchgeführt von LACKNER (1973) bei *Tonlokalisationsexperimenten* mit prismatischen Brillengläsern, welche einen visuell bedingten Verschiebungseffekt erzeugten - keinen Effekt auf die Identifikation der *Tonfolgen* hätte, denn das in sich geschlossene Muster wäre als Ganzes verschoben. Diese gesamte Verschiebung einer Mustereinheit ergibt für die Identifikation keinen wesentlichen Nachteil. Bei der Tonlokalisation hingegen ist eine solche Verschiebung von essentieller Bedeutung. Wenn also die Dunkelheit für die visuelle Orientierung eine Fehleinschätzung erzeugt, überträgt sich diese Täuschung auf die Tonlokalisation. Ist jedoch die auditive Aufgabe so angelegt, dass akustische Punkte zueinander in Verbindung gesetzt werden müssen, dann ist der durch die Dunkelheit sonst erzeugte negative Effekt aufgehoben.

UEBUNGSEFFEKTE?

Auf Grund der vorangegangenen Uebungs- und Lernexperimente (siehe Kapitel III) war in diesem Verlauf von 120 Darbietungen pro Vp keine signifikant positive Leistungskurve zu erwarten. Diese Annahme fand Bestätigung. Der Verlauf wurde von den zufällig alternierenden Versuchsbedingungen - den fünf Positionen im Hörraum - zusätzlich verstückelt, bzw. egalisiert. Interessanter waren die unterschiedlichen Hälftenvergleiche innerhalb der experimentellen Bedingungen (Lautsprecherwandposition), welche für einen Anpassungsprozess sprechen. Ersichtlich in den zunehmenden Zacken in Abbildung wurde ein steigernder Anpassungseffekt im Sinne eines ausgeprägten Transfers postuliert (post hoc). In diesem Sinne bedeuten die verstärkten Zacken einerseits eine allgemein zunehmende Anpassung an die 24 Tonsequenzen nach etwa zweimaliger Umstellung der Lautsprecherwandpositionen. Andererseits kann diese zunehmende Anpassung innerhalb der Positionen wiederum eine grössere Umstellung bei den Positionsveränderungen zur Folge haben, welche deshalb etwa bei den letzten drei Positionen niedrigere Identifikationsraten der ersten im Unterschied zur zweiten Hälfte erzeugen.

VI. ZUSAMMENFASSUNG UND INTEGRATION DER RESULTATE BEI HIRNGESUNDEN VERSUCHSPERSONEN

Die in Kapitel III, IV und V behandelten Aspekte der auditiv-räumlichen Musterwahrnehmung sollen hier in grösseren Zusammenhängen aufgegriffen werden, um die Resultate aller drei Kapitel zu integrieren und weitere Forschungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

UEBUNGS- UND LERNEFFEKTE

Aufgrund der in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen muss in der auditiv-räumlichen Musterwahrnehmung der positive Effekt, der sich durch die Darbietungsreihenfolge und die Vortrainings ergibt, als gering eingestuft werden. Der Effekt der Darbietungsreihenfolge bezieht sich auf zeitlich bedingte Leistungsveränderungen. In den Untersuchungen, welche in Kapitel III (Teil Zwei), IV und V beschrieben sind, war jeweils tendenzmässig eine Zunahme der Treffer erzielt worden, jedoch erbrachten Vergleiche zwischen Unterteilungen in der Darbietungsreihenfolge keine signifikanten Unterschiede. Nach den ersten (z.B. sechs, in Kapitel III, Teil Zwei) Aufgaben wurde nahezu das Leistungsplateau erreicht, und demgemäss war der positive Einfluss von vorausgegangenen Aufgaben für die folgenden gering. Einer rein zeitlichen Anpassung muss demzufolge ein geringer Stellenwert eingeräumt werden.

Ein positiver Effekt aufgrund der Vortrainings (siehe Kapitel III) ist eingetreten, jedoch ist dieser von zwei Aspekten her zu relativieren: (1) Die drei Vortrainings - mit visueller Sechserauswahl, mit verbalem Feedback und mit gradueller Zunahme in der Reizkomplexität - repräsentieren verschiedene Lernmöglichkeiten. Sollte die auditiv-räumliche Musteridentifikation wesentlich von Lernmöglichkeiten abhängig sein, dann wäre zu erwarten, dass drei so unterschiedliche Vortrainings auch unterschiedliche Auswirkungen zur Folge haben müssten. Die drei

Vortrainings erbrachten jedoch keine unterschiedlichen Trefferraten in den Kontrolltests. (2) Dass andere Faktoren für eine Leistungs Zunahme von entscheidender Bedeutung sein können, wurde durch eine methodische Veränderung aufgedeckt. (Der Ablauf der Reizdarbietungen wurde einerseits vorprogrammiert und auch vom VI gesteuert, und andererseits konnten die Pbn die Reizmuster selbst auslösen und somit ihre Beantwortungszeiten selbst bestimmen.) Im Vergleich zu den drei Gruppen mit Vortraining wurden die gleichen Reizmuster des Kontrolltests von den Pbn mit der Selbstauslösung sogar etwas besser identifiziert.

Für diese Art von Reizdarbietungen sind dem erreichbaren Leistungsniveau klare Grenzen gesetzt. Durch diese Vortrainings konnte die Trefferquote von 40 bis 50% auch nicht überschritten werden, (welche bereits in früheren Untersuchungen erreicht worden sind). Sollte man sich dennoch weiter die Aufgabe stellen, höhere Identifikationsraten zu erzielen, müsste am ehesten die Reizinformation bedeutungsvoller gestaltet werden. Vorstellbar wäre ein Lernprogramm, in welchem bestimmte Lautsprecher mit bestimmten Tonfrequenzen assoziiert werden müssten. So könnten z.B. den Lautsprecherzeilen von oben nach unten hohe bis tiefere Frequenzschritte zugeteilt werden. Auch könnten die Lautsprecherkolonnen dazu in andere Frequenzbereiche unterteilt werden. Eventuell könnte man dadurch - auf Lernprozesse bauend - die auditiv-räumliche Mustererkennung auf ein sehr hohes Leistungsniveau bringen.

DIE MUSTER UND DEREN HORIZONTALE UND VERTIKALE KOMPONENTEN

Von physiologischen und psychologischen Erkenntnissen her besteht kein Zweifel, dass die Tonortung auf der horizontalen Ebene gegenüber derjenigen auf der vertikalen eindeutig überlegen ist. Diese Untersuchung zeigt, dass horizontal-vertikale Tonfolgen anhand einer Musterwahl überzufällig identifiziert werden. Die Frage, die sich in diesem Kontext ergibt, lautet folgendermassen: Inwiefern werden die vertikalen mit den horizontalen Musterkomponenten im räumlichen Verlauf integriert?

Die Resultate in Kapitel IV zeigen, dass die Musteridentifikation vorwiegend aufgrund der horizontalen Musterkomponenten zustande kommt. Ganz deutlich kann dies anhand der Musterkategorie h belegt werden, denn mittels Tonfolgen, welche lediglich auf einer Tonzeile präsentiert wurden, konnten überzufällige Identifikationen erzielt werden. Für die numerische Tonfolgenidentifikation sind demzufolge die vertikalen Musterkomponenten nicht unerlässlich. Auch mittels der Fehleranalysen in Kapitel V konnte die dominierende Rolle der horizontalen Musterkomponenten gezeigt werden.

Trotzdem bestehen Anhaltspunkte um diese scheinbar dominierende Rolle der horizontalen Musterkomponenten zu relativieren: Erstens war in Kapitel IV die Trefferrate der Muster mit horizontal-vertikalen Komponenten tendenzweise höher im Vergleich zu den ausschliesslich horizontalen Musterdarbietungen; siehe Abbildung 7 in Kapitel IV. Zweitens ist auch keine positive Korrelation zwischen der Anzahl der horizontalen Musterkomponenten und den richtigen Identifikationen feststellbar; siehe Abbildung 10 in Kapitel IV. Drittens erbrachte die Umwandlung - beschrieben in Kapitel V - der vertikalen Musterkomponenten in horizontale bzw. vorne-hinten Tonfolgen, bei der Lautsprecherwandpositionen oberhalb, nicht den erwartet grossen Vorteil.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die horizontalen Musterkomponenten einen grossen und die vertikalen einen entsprechend viel kleineren Informationsanteil beisteuern. Trotz der Musterform, respektive der Gestalt, kann diese Ungleichheit nicht aufgehoben werden, und dies erfordert speziell komplexe Integrationsprozesse. Die Tonquellen müssen so zueinander in Beziehung gebracht werden, dass anhand von unterschiedlich wahrnehmbaren Richtungsverläufen letztendlich doch ein gesamter Musterablauf entsteht. Auf dieser Ebene werden sicherlich hohe Anforderungen an die räumlichen Kombinationsfähigkeiten gestellt. Demnach stehen nicht einzelne Punkte im Vordergrund, sondern das Ziel einer auditiv-räumlichen Integration wurde durch diese Darbietungsmethode erreicht.

VERSCHIEDENE LAUTSPRECHERWANDPOSITIONEN

Die akustischen Reize haben im gesamten Umkreis des Körpers einen räumlichen Informationswert. So konnten auch winkelförmige Tonfolgen in allen fünf Lautsprecherwandpositionen identifiziert werden; siehe Kapitel V. Wie bereits erwähnt, wurden die Muster von der Lautsprecherwandposition oberhalb des Kopfes am besten identifiziert. Die Trefferraten von vorne und hinten fielen tendenzmässig tiefer aus, wobei zwischen vorne und hinten keine wesentlichen Unterschiede zu verzeichnen waren. Die Identifikationsraten der linken und rechten Lautsprecherwandposition waren, speziell nach apparativer Kopffixation, niedriger. Kopfbewegungen scheinen deshalb speziell bei seitlicher Lautsprecheranordnung für die Musteridentifikation von Vorteil zu sein.

Durch die erfolgreiche Erweiterung der auditiven Raumwahrnehmung mittels der neu eingeführten Lautsprecherwandposition eröffnen sich viele Möglichkeiten: So kam in Gesprächen mit Sonderpädagogen zum Ausdruck, dass bei blindgeborenen Personen die Schwierigkeit besteht, die Raumwahrnehmung vor allem ausserhalb der Greifnähe zu übermitteln. So wurde z.B. erwähnt, dass die diagonale Richtung als Konzept grosse Schwierigkeiten ergibt. Mittels der auditiv-räumlichen Musterwahrnehmung könnte man versuchen, das Raumverständnis bei Sehbehinderten zu fördern.

DIE ROLLE DER VISUELLEN VERARBEITUNGSPROZESSE

Die in dieser Arbeit verwendeten Tonfolgen repräsentierten visuell bekannte Musterformen. Bereits auf dieser Ebene findet eine gewisse Verbindung zwischen der akustischen Reizaufnahme und der visuellen Raumvorstellung statt. Welche Rolle die visuelle Verarbeitung bereits bei der Sinnesaufnahme spielt, soll in einem laufenden Projekt, mittels der Registrierung von Augenbewegungen, untersucht werden. Den damit aufgeworfenen Fragen soll deshalb hier nicht weiter nachgegangen werden.

Aus der hier erfolgten Datenerhebung ist festzustellen, dass die Identifikation der Muster nicht darauf angewiesen ist, dass sich die Schallquellen im Gesichtsfeld befinden; siehe Kapitel V. Unzählige Möglichkeiten ergeben sich, um die Zusammenhänge der visuellen und auditiven

Verarbeitung innerhalb der Raumwahrnehmung abzuklären. So könnte man z.B. die Muster in visuelle und auditive Komponenten unterteilen, oder man könnte gleichzeitig Töne und Lichtreize in gleicher oder unterschiedlicher Musterform darbieten. Der Verfasser dieser Arbeit hofft, in dieser Richtung weiter Experimente durchzuführen, um das Zusammenspiel der Sinnesmodalitäten in der Raumwahrnehmung weiter verfolgen zu können.

SCHLUSSBEMERKUNG

Laut BORING (1957) bezweifelten im letzten Jahrhundert noch die meisten Psychologen die Existenz einer wirklich auditiven Raumwahrnehmung. Heute sind die Beziehungen zwischen Schallquelle und Eigenkörper teilweise erforscht und allgemein anerkannt. Durch die vorliegende Forschungsarbeit wurden weitere Möglichkeiten der auditiven Raumwahrnehmung eröffnet: Mittels einer Reizdarbietungsmethode von mehreren Schallquellen können räumliche Beziehungen erkannt werden. Die Resultate zeigen, dass der hirngesunde Mensch in der Lage ist, komplexe räumliche Tonfolgen anhand einer Auswahl überzufällig richtig zu identifizieren. Diese Tonfolgen werden auch ausserhalb des Gesichtsfeldes erkannt.

VII. AUSWIRKUNGEN VON UMSCHRIEBENEN CORTICALEN LAESIONEN AUF DIE AUDITIV-RÄUMLICHE MUSTERWAHRNEHMUNG

In der folgenden Arbeit wurden hirngeschädigte Pbn mit der entwickelten Methode der auditiv-räumlichen Musterwahrnehmung getestet. Patienten wurden nach Läsionen im gleichen Hirnlappen gruppiert und Leistungsvergleiche zwischen den Patientengruppen wurden vorgenommen. Aufgrund ähnlicher Gruppenvergleiche liegt eine Vielzahl von Arbeiten vor, welche die Zusammenhänge zwischen Verhaltensfunktionen und Hirnstrukturen erkennen lassen; Uebersichtsarbeiten u.a. MILLER (1972), WILLIAMS (1970) & SPREEN (1977). Demzufolge erübrigt sich an dieser Stelle eine Einführung in die allgemeinen Zusammenhänge zwischen Gehirn und Verhalten.

Auch auf dem Gebiet der auditiven Verarbeitung nach corticalen Läsionen wurde folgende krasse Einschränkung vorgenommen: Um den Läsionsort klinisch festzustellen, werden oft die binauralen Hörfähigkeiten der Patienten geprüft. BARU & KARASEVA (1972) unterteilen die Möglichkeiten folgendermassen:

- (1) Lateralisation von Tönen und Ortung der Tonquellen im Raum
- (2) Möglichkeiten der binauralen Summation oder Integration
- (3) Identifikation verbaler und musikalischer Information, wobei die verschiedenen Informationssignale gleichzeitig beiden Ohren zugeführt werden.

Lediglich Arbeiten, in welchen die Ortungsfähigkeiten von Schallquellen im Raum nach Hirnläsionen untersucht wurden (also (1) in der oben aufgeführten Unterteilung), werden erwähnt. Dies wird begründet durch die Annahme, dass die auditiv-räumliche Musterwahrnehmung auf der Tonortung aufbaut.

Mit den weiteren Prozessen, nämlich der räumlichen Integration, welche zu einer mustermässigen Identifikation führen kann, wurde

Neuland betreten. Die damit aufgeworfenen Fragen bilden den Abschluss dieser Einleitung.

DIE ORTSBESTIMMUNG VON TONREIZEN IM RAUM NACH CORTICALEN LÄSIONEN

Im folgenden wurden die Forschungsarbeiten nach dem Läsionsort unterteilt. Im Zusammenhang mit der auditiven Ortungsfähigkeiten entstand eine Aufteilung nach (1) dem auditiven Cortex im Temporallappen, (2) dem Temporallappen und (3) den Läsionen ausserhalb des Temporallappens. Weiterhin wurde jeweils zwischen uni- und bilateralen Läsionen getrennt*.

A U D I T I V E R C O R T E X

Die auditiven Afferenzen führen über mehrere Stationen bis zur obersten Temporalwindung hin; (siehe Abbildung 1 in Kapitel I). Der auditive Cortex umfasst dieses Projektionsgebiet im HESCHL'schen Gyrus bzw. die Area 41 von BRODMAN.

UNILATERALE LÄSIONEN

Die aufsteigenden Hörbahnen verlaufen ipsi- und kontralateral und eine einseitige Ablation führt deshalb nicht zu einem vollständigen Hörverlust auf einem Ohr, sondern vielmehr zu einer doppelseitigen Erhöhung der Reizschwelle. Die auditiven Ortungsfähigkeiten sind nach einseitiger Abtragung der Hörrinde nicht verunmöglicht (KEIDEL, 1970).

* In der nachstehenden Untersuchung sind lediglich unilateral lädierte Pbn aufgeführt. Das Verständnis für eine Hirnstruktur kann jedoch massgebend bei bilateraler (symmetrischer) Zerstörung aufgedeckt werden. Dies trifft speziell bei der Funktionsabklärung des auditiven Cortex zu. Damit konnten wichtige Erkenntnisse bei Tieren gewonnen werden.

Patienten mit einer Hirnschädigung, welche sich auf den auditiven Cortex beschränkt, sind äusserst selten. Viel häufiger sind Patienten, bei welchen aufgrund einer Läsion im Temporallappen der auditive Cortex mitzerstört wurde.

Tierexperimente

NEFF (1961) konnte bei Katzen nach einseitiger Abtragung des auditiven Cortexes keine wesentlichen Störungen bei der Ortung von einfachen Tonreizen feststellen. WHITEFIELD et.al. (in Vorbereitung) fand mittels eines komplexeren Ortungsexperiment nach unilateralen Abtragungen eine deutliche Abnahme der Leistungen. So konnten Katzen in einem Y-Labyrinth den Weg schlecht finden, wenn z.B. folgende Bedingung aufgestellt wurde: das Ziel bzw. die Nahrung ist links nach dem Ertönen eines Reizes von links, und rechts nach zwei kurz aufeinanderfolgenden Reizen von beiden Seiten. Die dadurch auftretende Schwierigkeit könnte auf die gestörte Diskriminierung der Reizfolge zurückgeführt werden und demzufolge nicht primär auf die Fähigkeit, die Töne zu orten.

BILATERALE LAESIONEN

CROSBY et.al. (1962) berichtet von einem Patienten, der aufgrund eines vaskulären Defizites eine bilaterale Schädigung erlitt. Der Patient reagierte auf die gesprochene Sprache unangepasst. Das gleiche schriftlich mitgeteilt, wurde hingegen problemlos ausgeführt. Keine peripheren Hörschädigungen konnten festgestellt werden und Tonstufen konnten erkannt und voneinander unterschieden werden. Postmortem wurde eine Degeneration beider Hörrinden festgestellt, ohne subcorticale Abnormalitäten. Ähnliche Fälle, diagnostiziert als Worttaubheit, wurden von BROWN, (1975) zusammengefasst. Leider sind in den Berichten von diesen Patienten keine schlüssigen Anhaltspunkte über die Ortungsfähigkeiten vorzufinden.

Tierexperimente

Im überhaupt die Ortungsfähigkeiten von Tieren zu beobachten, scheint die verwendete Methode entscheidend zu sein. In den üblichen Verfahren wird die auditive Ortung nach der *effektiven Annäherung des Tieres in Richtung der Schallquelle* hin beurteilt. Darunter fällt die Arbeit von NEFF et.al. (1956). Nach bilateralen Läsionen, durchgeführt an Katzen, wurde beobachtet, dass die Auswahl und die Annäherung an das Zielgehäuse, hinter dem ein Reiz ertönte, gestört war. Dieselben Versuchstiere konnten jedoch mit Hilfe "nicht-akustischer" Reize das Ziel auffinden.

In einem anderen Verfahren muss das Tier *mittels konditionierten Verhaltensäusserungen die Schallquelle orten, ohne sich jedoch zur Schallquelle hinzubewegen*. RAVIZZA & MASTERTON (1972) konnten anhand der verwendeten "lick suppression" Methode bei Ratten ohne corticale Hörrinden in einer "freien" experimentellen Situation beobachten, dass links-rechts Tonreize unterschieden werden konnten. Interessant in diesem Zusammenhang ist die Arbeit von HEFFNER & MASTERTON (1975), in welcher Affen ohne auditive Cortexe die Zielgehäuse mit Nahrung mit Hilfe eines Tonreizes nicht mehr direkt ansteuern konnten (ähnliche Methode wie in der bereits erwähnten Arbeit von NEFF et.al., 1956). Dieselben Affen konnten hingegen von der Startposition aus die richtige Ortung vollziehen (ähnlich wie bei der "lick suppression" Methode von RAVIZZA & MASTERTON, 1972). Die Widersprüche lassen sich also auf methodische Unterschiede zurückführen.

Der auditive Cortex in seiner doppelseitigen Repräsentation scheint an der Ortungsfähigkeit von links-rechts Schallquellen nicht massgebend beteiligt zu sein. (Die Schallquellen werden primär von tiefer liegenden Hirnstrukturen lateralisiert.) Es scheint, dass die Ubergangsprozesse zwischen der Ortung und dem Auffinden der Schallquelle bei diesen Tieren gestört sind. Oder anders formuliert: das Orientierungsverhalten, welches mittels der Schallortung vollzogen werden muss, scheint eindeutig beeinträchtigt zu sein.

Zum Schluss sei noch eine Arbeit von DIAMOND & NEFF (1957) erwähnt, welche besagt, dass bei beidseits operierten Katzen der Ton A von B gut, jedoch die Sequenz ABA von BAB überhaupt nicht diskriminiert werden konnte.

TEMPORALLAPPEN

UNILATERALE LAESIONEN

In einer ersten Arbeit berichteten SANCHEZ LONGO und seine Mitarbeiter (1957) von einem Schallortungsexperiment, durchgeführt an fünf temporal geschädigten Patienten und einer Kontrollgruppe. Der Kopf wurde jeweils fixiert, die Augen mussten geschlossen werden und die Lautsprecher ertönten von 13 Positionen, welche in einem Halbkreis (mit 15° Abstand) horizontal vor dem Gesicht angeordnet waren. Die Fehler wurden aufgrund des Unterschiedes zwischen der gezeigten Stelle und der Reizquelle in Grad festgehalten. Die Antworten der hirngesunden Pbn (Durchschnittswerte der Kontrollgruppe) wurden denjenigen der fünf Patienten gegenübergestellt. Bei den zwei links- und den drei rechtsseitig operierten Patienten wurden fehlerhafte Schallortungen vor allem auf der entgegengesetzten Seite der Läsion festgehalten.

Die gleiche Methode wurde in ihrer zweiten Arbeit (1958) an 50 hirngeschädigten und weiteren Kontrollpbn angewandt. Bei 21 Patienten war der Temporallappen mitgeschädigt*, und bei 19 davon wurden die Tonreize in dem der Läsionsseite entgegengesetzten akustischen Feld vergleichsweise viel schlechter lokalisiert. Die Autoren kamen zur Schlussfolgerung, dass der Temporallappen für die Lokalisation von

* Die temporal geschädigte Patientengruppe setzte sich zusammen aus 9 temporalen, 3 temporo-parietalen, 1 temporo-occipitalen und 7 fronto-temporo-parietalen Läsionsstellen.

öhen eine leitende Rolle übernimmt, und dass sich die Beeinträchtigung auf die entgegengesetzte Seite des akustischen Feldes auswirkt.

Zweifeln an dieser Schlussfolgerung sind dadurch gegeben, dass in ihrer Untersuchung zwei Patienten mit Läsionen im Temporallappen keine Defizite aufzeigten, und noch massgebender, dass vier Patienten mit akustischen Ortungsschwierigkeiten Läsionen ausserhalb des Temporallappens hatten.

BARU & KARASEVA (1972) erwähnen die folgenden Arbeiten: ALEKSEENKO (1948, 1949) und AGEEVA-MAIKOVA & SVIRIDOVA (1951) fanden bei Patienten nach unilateraler Zerstörung des Temporallappens (infolge von Trauma) keine Defizite in der Lateralisierung von Schallquellen.

BILATERALE LÄSIONEN

JERGER et.al. (1972) beschrieben die auditiven Ausfälle von zwei Patienten mit bitemporalem Insult (bestätigt jeweils durch Autopsie). Diese zwei Patienten zeigten in ihren auditiven Fähigkeiten beachtliche Ähnlichkeiten, jedoch mit folgender Ausnahme: Bei einem Patienten war die Tonortung nicht, beim andern massiv gestört. Aufgrund dieses Unterschiedes wurde von den Autoren angenommen, dass nicht nur der Temporallappen für die Fähigkeit der Tonlokalisierung massgebend sein kann.

L Ä S I O N E N A U S S E R H A L B D E S T E M P O R A L L A P P E N S

In einer Arbeit von KLINGON & BONTECOU (1966) wurden 154 Patienten mit diversen neurologischen Ausfällen und 50 Krankenschwestern als Kontrollpersonen auf ihre auditive Ortungsfähigkeit hin geprüft. Aus der Arbeit geht hervor, dass 29 Patienten eine umschriebene corticale Läsion aufwiesen, wovon lediglich zwei temporal betroffen waren. 13 Patienten hatten parietale Läsionen, vier davon links und neun rechts und zwei rechts frontale. Weitere vier Patienten

hatten eine Hirnschädigung in der linken und fünf in der rechten Hemisphäre, welche jeweils mehrere Lappen umfasste. Die klinischen Untersuchungen wurden in den Krankenzimmern so durchgeführt, dass die Pbn aufgefordert wurden, die Tonquelle zu berühren. Innerhalb einer für den Patienten gut erreichbaren Stelle löste der Untersucher den Reiz durch Reiben und Schnippen mit den Fingern aus. Die Pbn mussten mit geschlossenen Augen an mindestens drei Stellen, je seitlich auf der horizontalen Ebene des Kopfes, die Reizquelle berühren.

Von den zwölf linksseitig cortical geschädigten Patienten hatten zehn Defekte in der Lokalisation der rechtsseitig dargebotenen Reize. Bei allen 17 Patienten mit der Schädigung in der rechten Hemisphäre waren die Lokalisationen im linken akustischen Feld beeinträchtigt. Die Ortung dieser Schallquellen wurde von den Autoren nicht als temporale, sondern als Funktion der Grosshirnhemisphäre interpretiert, und zwar so, dass jede Hemisphäre für das entgegengesetzte akustische Feld primär verantwortlich ist.

WALSH (1957) untersuchte neben der horizontalen auch die vertikale Tonortung bei elf Patienten mit Läsionen im Zentralnervensystem. Eine Musikbox wurde vor den Patienten, entweder auf der horizontalen oder vertikalen Achse, hingehalten, und die Stelle musste mit verbundenen Augen gezeigt werden. Speziell erwähnenswert sind die Befunde von fünf Personen, denn diese konnten die Tonreize "normal" auf der horizontalen, jedoch "unmöglich" auf der vertikalen Ebene orten. Davon hatte einer eine links temporale, der andere eine intraventrikuläre Läsion, und die restlichen drei wiesen Schäden im Hirnstamm auf. (Allem Anschein nach ist es den übrigen Patienten gelungen, die Musikbox auf der vertikalen Achse zu orten.)

BLAGOVESHCHENSKAYA (1962, zitiert nach BARU & KARASEVA, 1972) fand Schwierigkeiten bei der Tonortung bei Patienten mit Läsionen in den parieto-temporalen Regionen.

KAIDANOVA, MEIERSOHN & TONKONOGGI (1965 zitiert nach BARU & KARASEVA, 1972) verwendeten die gleiche Methode wie SANCHEZ-LONGO und

seine Mitarbeiter und fanden im Unterschied dazu, dass neben den temporal auch die parietal geschädigten Patienten die Tonquellen auf der entgegengesetzten Seite der Läsion schlechter zuordnen konnten. Beobachtet wurde die Tendenz, die Schallquelle zur Läsionsseite hin zu verschieben.

ZUSAMMENFASSUNG UND FRAGESTELLUNG

Aus den erwähnten Arbeiten geht hervor, dass Widersprüche in Bezug auf die corticalen Effekte in der Tonortung vorliegen. Einerseits konnten Patienten mit unilateralen Läsionen im Temporallappen und ein Patient mit bitemporaler Schädigung die Tonquellen orten. Andererseits wurden bei Patienten mit temporalen Läsionen die grössten Ausfälle festgehalten.

Weitere Arbeiten führen die beobachteten Defizite in der Tonortung auf parietale bzw. temporo-parietale oder andere auf die betroffene Hemisphäre zurück.

Diese Unklarheit beruht nicht zuletzt auf den Unterschieden in den angewandten Darbietungsmethoden:

- Tonsignale: Schnippen von Fingern, Musikbox, Lautsprecherreize
- Anzahl der verwendeten Stellen der Tonreize: zwei bis dreizehn
- Räumliche Anordnung zwischen Tonreiz und den Hörkanälen: links-rechts (Lateralisation), mehrere horizontal, auf horizontaler oder vertikaler Achse.

Aus den erwähnten Untersuchungen mit cortical geschädigten Patienten kann festgehalten werden, dass die Tonquellen zwischen der rechten und linken Präsentationsseite richtig unterschieden werden konnten. Wurde hingegen die Differenzierung der Tonortung innerhalb einer Präsentationsseite verlangt, traten Ausfälle auf, welche vor allem auf der Präsentationsseite - kontralateral zur lädierten Hemi-

sphäre - beobachtet wurden. Darauf beruht die Annahme, dass zur Erfassung von corticalen Effekten möglichst differenzierte Aufgaben der Tonortung angestrebt werden sollten.

In der vorausgegangenen Entwicklung der Darbietungsmethode von auditiv-räumlichen Mustern kam bereits bei den hirngesunden Pbn deutlich zum Ausdruck, dass diese Aufgaben anspruchsvoll sind. Die Differenzierung muss nicht allein auf einem horizontalen Halbkreis, sondern auf einer zweidimensionalen Darbietungsfläche erfolgen. Auch Nachteile, welche sich aus dem Zeigen der Tonquellen - vor allem bei hirngeschädigten Patienten - ergeben können, werden mit dieser Methode umgangen.

Ein weiterer Aspekt, welcher anhand dieser Methode überprüft werden soll, ist die räumliche Integrationsfähigkeit von Tonfolgen. Im Vergleich zur auditiv-räumlichen Musterwahrnehmung werden bei der Ortung einzelner Schallquellen keine räumlichen Integrationsprozesse gefordert. Mittels der in dieser Arbeit weiterentwickelten Methode müssen die Tonquellen nicht gezeigt werden, sondern der mustermässige Verlauf der Reizabfolge muss verbal identifiziert werden.

Im Zusammenhang mit Auswirkungen corticaler Läsionen ergeben sich folgende Fragen: (1) Welche Leistungsunterschiede sind zwischen hirngesunden und hirngeschädigten Pbn zu beobachten? (2) Gibt es Patientengruppen, welche aufgrund der Läsion in einem bestimmten Hirnappen besondere Leistungsausfälle aufweisen; i. S. von inter- und intrahemisphärischen Vergleichen.

Bei den auditiv-räumlichen Aufgaben wurden verschiedene Komplexitätsstufen eingeführt. Daraus ergibt sich (3) die Frage, ob Leistungsunterschiede speziell zwischen den Patientengruppen in den Komplexitätsstufen entstehen.

Visuell-räumliche Tests sollen mitverwendet werden, um (4) mögliche visuell-auditive Parallelen in der räumlichen Integration zu erkennen. In diesem Vergleich sind intersensorische Raumverarbeitungsprozesse zu hinterfragen.

M E T H O D E

E X P E R I M E N T E L L E G R U P P E N

Insgesamt standen acht experimentelle Gruppen zur Verfügung, wovon zwei Kontroll- und sechs Patientengruppen waren.

KONTROLLGRUPPEN

Die sogenannten "normalen" elf Pbn waren hirngesund und in bezug auf Alter und Beruf den früher getesteten Pbn am ähnlichsten. Als zweite Kontrollgruppe wurden Patienten aus der neurochirurgischen Klinik des Universitätsspitals Zürich ausgesucht, welche wegen einer Läsion im peripheren Nervensystem - einer Discushernie (L4/L5 und L5/S1) - behandelt wurden. Diese elf Kontrollpatienten wiesen im Vergleich zu den zentralnervös geschädigten Patienten in Respekt auf die Hospitalisation und den möglichen Nachwirkungen einer Narkose Gemeinsamkeiten auf. Auch waren teilweise die Effekte des Schmerzens bzw. der Schmerzmittel ausgeglichen.

PATIENTENGRUPPEN

Total wurden 65 zentralnervös geschädigte Pbn getestet, wovon 63 zuvor in der gleichen neurochirurgischen Klinik operiert wurden. Aus den folgenden Gründen wurden nicht all die getesteten Patienten in die endgültige Auswertung aufgenommen: (1) Der Fokus der Hirnläsion musste entweder auf den Frontal-, Temporallappen oder auf die parieto-occipital Lappen beschränkt sein. Somit wurden mittels des Operationsberichtes sieben multifokal und drei vorwiegend subcortical geschädigte Pbn ausgeschlossen. (2) Ferner wurden drei Patienten mit massiven Gehörschwächen disqualifiziert. (3) Kontrolltests wurden durchgeführt, um die hirnopierten Patienten mit

mittleren bis schweren aphasischen Störungen und/oder mit allgemein zu tiefen intellektuellen Leistungsniveaus von den endgültigen Auswertungen auszuschneiden. Nachfolgend werden diese Kontrolltests vor- und in ihrer Auswertung dargestellt.

KONTROLLTESTS

Die Angaben in den Krankengeschichten genügen in der Regel nicht, um über die psychologischen Leistungsfähigkeiten des Patienten ein Bild zu erhalten. Somit fand vor den Forschungstests eine Absicherung statt, ob die Instruktionen überhaupt bewältigt werden können. (Es wurde nicht versucht, damit Validierungsfragen zu beantworten.) Zu diesem Zwecke wurden je zwei Tests durchgeführt, um einerseits das linguistische und andererseits das intellektuelle Leistungsvermögen zu bewerten.

Kontrolltests können bei Vergleichen von verschiedenen hirnlokalisatorischen Gruppen einen weiteren wertvollen Beitrag leisten: Werden Patienten getestet, welche eine Hirnoperation gut überstanden haben und gewillt sind, sich einer Testsituation freiwillig zu unterziehen, ist man gezwungen, mit kleinen Stichproben zu arbeiten. So kann man z.B. einen spezifischen Leistungsabfall, welcher statistisch signifikant bei einer Gruppe ausgeprägt ist, sinnvoller interpretieren, wenn sich das übrige Leistungsniveau zwischen den Gruppen nicht massgebend unterscheidet.

Token Test

DE'RENZI & VIGNOLOs (1962) Test eignet sich gut, um mittlere bis schwere aphasische Störungen - sowohl receptive als auch expressive - zu erfassen. Täfelchen, welche sich in Farbe, Form und Grösse unterscheiden, werden vorgelegt und der Pb hat aufgrund vorgelesener Aufgaben Folge zu leisten. Insgesamt werden 39 Anforderungen gelesen (wie z.B. "Berühren Sie den grossen weissen Kreis und das kleine grüne Viereck"), welche in Gruppierungen progressiv an Schwierigkeit zunehmen. Für die hier zutreffende Auswertung wurde pro richtiger Ausführung 1 Punkt gezählt.

Objektbenennungstest

Anhand dieses Testes von OLDFIELD (u.a. NEWCOMBE & OLDFIELD, 1965) wird die Wortfindung geprüft. Insgesamt müssen 15 gezeichnete Objekte (drei als Beispiele voraus und elf Testbilder, wie z.B. eine Windmühle, Trommel usw.) sofort nach der Darbietung benannt werden. Die Reaktionszeiten und die Antworten werden protokolliert, und zu diesem Zwecke wurde pro richtige Bezeichnung 1 Punkt gegeben.

Mehrfachwahl Wortschatz Test - M W T

Dieser Kurztest von LEHR, DAUN & SCHMIDT (1971) eignet sich ohne sprachlichen Ausdruck zur Messung der Intelligenz bei Erwachsenen bzw. steht in guter Korrelation zum IQ an anderen Tests. In 42 Zeilen muss von fünf Möglichkeiten das

Einziges sinnvolles Wort gefunden werden, wobei die Schwierigkeit der Aufgaben ansteigt. Jedes richtig angestrichene Wort gilt als 1 Punkt. Erfahrungs- und zum Teil Normwerte wurden im Neuropsychologischen Labor, Zürich (1974) erstellt.

Culture Fair Intelligence Test - C F T

Dieser Test wurde nach der deutschen Ausgabe von WEISS (1971) durchgeführt. Dieses Intelligenzprüfverfahren ist bemüht, mittels eher kulturunabhängigen Aufgaben aussagekräftig zu sein. In Abgrenzung zu den eher verbalen Aufgaben des MWTs beruhen diese vor allem auf einem räumlichen Denkvermögen. Durchgeführt wurde die Form A und davon der Teil Eins. In entsprechenden Zeitgrenzen ist maximal 1 Punkt pro 46 Items zu erreichen.

RESULTATE:

Anhand des Token Tests und Objektbenennungstests wurden vier sprachgestörte Pbn von der endgültigen Analyse ausgeschlossen; massgebend war der Token Test, und der Trennwert lag bei 32 Punkten. Zwei Patienten wurden wegen zu niedriger Testintelligenz am MWT und CFT (IQ jeweils unter 80) ausgeschieden.

ENDGÜLTIG SELEKTIONIERT PATIENTEN

Von den insgesamt 65 getesteten Patienten wurden 47 in die endgültige Auswertung aufgenommen. Alle waren eindeutige Rechtshänder. Diese Patienten wurden anhand hirnlokalisatorischer Schädigung, d. h. nach dem Lappen der corticalen Läsion, in sechs Gruppen (mit ungleichen Stichprobenumfang) eingeteilt. In Tabelle 17 ist diese Gruppeneinteilung ersichtlich, und dazu wurden die post-operativen Diagnosen klassifiziert.

Von nun an werden im Text für die Experimentalgruppen folgende Abkürzungen verwendet:

- N = "normale" Pbn
- DH = Diskushernie Patienten
- LF = links frontal geschädigte Patienten
- LT = links temporal geschädigte Patienten
- LPO = links parieto-occipital geschädigte Patienten
- RF = rechts frontal geschädigte Patienten
- RT = rechts temporal geschädigte Patienten
- RPO = rechts parieto-occipital geschädigte Patienten

Tabelle 17: Aetiologie und Topographie der Hirnläsionen

ÄTIOLOGIE der raum- fordernden Prozesse	TOPOGRAPHIE DER HIRNLÄSIONEN					
	linke Hemisphäre			rechte Hemisphäre		
	frontal	temporal	parieto- occipital	frontal	temporal	parieto- occipital
Vaskulär						
Angiome und Hämatoe ^a	3	2	1	1	2	4
Mesodermale Tumore						
Menigeome, Angio- blastome, Sarkome u.a.	3	1	3	3	2	4
Neuroepitheliale Tu.						
Glioblastome multiforme und andere maligne Tu.	3	2	1	2	2	2
andere raumfordernde Prozesse						
Zyste, u.a.		2	1	1	1	1
Σ TOTAL	9	7	6	7	7	11

^a Umfasst keine traumatischen Blutungen.

Leistungsvergleich zwischen den Patienten- gruppen anhand der Kontrolltests

In Tabelle 18 sind die Durchschnittswerte und Standardabweichungen der sechs Patientengruppen in den vier Kontrolltests ausgezeichnet. Für jeden der vier Kontrolltests wurde eine zweifache Varianzanalyse gerechnet (Gruppenvergleich unterteilt nach (1) Hemisphären und (2) Lappen). Keine signifikanten Leistungsunterschiede wurden ermittelt; siehe im Anhang für den Token Test Tabelle 34, den Objektbenennungstest Tabelle 35, und für den MWT, CFT die Tabellen 36 und 37. Für die endgültig selektionierten Patienten konnte somit ein gruppenmässiges Abweichen untereinander in bezug auf die linguistischen und intellektuellen Fähigkeiten ausgeschlossen werden.

Tabelle 18: Durchschnittliche richtige Antworten in den Kontrolltests

KONTROLLTESTS		PATIENTENGRUPPEN MIT FOKALEN HIRNLAESIONEN					
		linke Hemisphäre			rechte Hemisphäre		
		frontal	temporal	parieto-occipital	frontal	temporal	parieto-occipital
		9	7	6	7	7	11
Token	M	37.86	36.00	36.67	37.17	37.43	37.63
	s	0.69	3.10	2.50	0.75	1.62	0.92
Objektbenennung	M	11.43	11.00	11.00	11.71	11.29	10.75
	s	0.79	1.26	0.63	0.76	0.49	1.04
M W T	M	37.29	36.33	34.33	37.33	37.00	35.75
	s	3.04	2.73	3.33	3.33	3.00	5.12
C F T	M	17.57	18.33	14.67	15.00	19.71	16.00
	s	2.57	4.72	3.61	4.29	7.02	4.44

NB: Die für den MWT eingetragenen Durchschnittswerte der Gruppen schwanken zwischen 34 - 38 Wertpunkten, welche den IQ-Werten von 96 - 107 entsprechen. Beim CFT schwankt das arithmetische Mittel der gruppenmässigen Rohwerte zwischen 14 - 20. Anhand der Normierung (mit Alterskorrekturen für Erwachsene) sind die IQ-Werte von 94 - 103 angebracht.

Dauer zwischen Operations- und Testdatum

Da bei Hirnverletzten post-operative Leistungsschwankungen als gesichert gelten, wurde für jede Vp die Dauer zwischen der Hirnoperation und dem Testdatum ermittelt. Eine einfache Varianzanalyse vermochte zu zeigen, dass keine gruppenmässigen Unterschiede bestanden; ($df = 5$; $MQ = 791.74$; $F = 0.65$; $p = .66$; extrem grosse Standardabweichungen!). Sinnvoller war die Ueberprüfung von korrelativen Beziehungen zu den Leistungen innerhalb einer Gruppe. Signifikante Korrelationen (Spearman Rang) konnten jedoch nicht festgehalten werden; (p jeweils $> .05$).

Alter der Kontroll- und Patientengruppen

Das Durchschnittsalter der verschiedenen experimentellen Gruppen ist in Tabelle 19 aufgeführt. Mittels der aufgeführten Werte wurde eine einfache Varianzanalyse gerechnet, welche signifikant ausfiel ($df = 7$; $MQ = 355.91$; $F = 2.75$; $p = .02$). Anhand multipler t-Tests war

Tabelle 19: Durchschnittliches Alter der experimentellen Gruppen

ALTER (IN JAHREN)	KONTROLLGRUPPEN		PATIENTENGRUPPEN MIT FOKALEN HIRNLAESIONEN					
	Normal	Diskus- hernie	linke Hemisphäre			rechte Hemisphäre		
			frontal	temporal	parieto- occipital	frontal	temporal	parieto- occipital
			11	11	9	7	6	11
M	26.27	46.00	39.11	38.71	44.67	44.43	34.14	42.27
s	5.48	11.17	12.92	5.82	14.75	11.01	12.20	14.46
M	36.14			40.50			40.60	
E s	13.25			11.50			13.13	
N	22			22			25	

die Gruppe N mit Ausnahme von RT signifikant jünger (je $p < .05$). Ferner waren die RT Pbn jünger als die der Gruppe DH ($p = .04$); alle weiteren Altersvergleiche schwankten zwischen $p = 10$ und $.75$.

V E R S U C H S P L A N U N G

Zuerst wurden bei den hirngeschädigten Patienten die bereits beschriebenen Kontrolltests durchgeführt. Die Hauptuntersuchung wurde bei allen Pbn so durchgeführt, dass vor den akustisch-räumlichen die visuell-räumlichen Aufgaben gelöst werden mussten. Nachfolgend seien jedoch die hier vordergründig abzuklärenden auditiv-räumlichen Aufgaben zuerst beschrieben.

AUDITIV-RAEUMLICHE AUFGABEN

ALLGEMEINES VORGEHEN

Aufgrund der vorausgegangenen Datenerhebungen mit hirngesunden Pbn wurde folgendes Vorgehen gewählt: (1) Der Kopf der Pbn wurde apparativ fixiert, um die Effekte der Kopfbewegungen während den akustischen Reizdarbietungen zu unterbinden. (2) Die Lautsprecherwandposition vorne wurde gewählt. Die Pbn wandten ihr Gesicht so zu den Schallquellen hin, dass die Hörkanäle etwa 30 cm vom Mittelpunkt der Wand entfernt waren. Die Einschränkung auf eine Lautsprecherwandposition in diesem Experiment hatte zwei Gründe: (a) Entsprechend der experimentellen Konzeption sollte eine schrittweise Zunahme der Reizkomplexität stattfinden. Um dieses Vorgehen in allen fünf Lautsprecherwandpositionen durchzuführen, wäre eine Testdauer von etwa 5 Stunden notwendig gewesen. Dies hätte die Patienten überfordert oder starke Ermüdungseffekte zur Folge gehabt. Man beschränkte sich deshalb auf eine Position. (b) Die Position vorne wurde gewählt, weil auch alphabetische Tonfolgen präsentiert wurden. Bei den übrigen Positionen wäre für die Identifikationen der alphabetischen Muster ein zusätzliches Umstellungsdenken notwendig gewesen. (3) Die Tonfrequenz von 736 Hz und die Reizdauer von 875 ms pro Lautsprecher wurden konstant gehalten. (4) Die Beantwortungszeiten konnten jeweils von den Pbn selbst bestimmt werden, und der V1 registrierte die verbalen Identifikationen - ohne sich über die Richtigkeit der Antworten zu äussern.

DARBIETUNGSREIZE

Mittels den folgenden vier Schritten wurde eine Komplexitätsabstufung eingeführt:

Schritt I: Die in Kapitel IV dargebotenen numerischen Muster k der Kategorie IV (für genaue Beschreibung siehe Tabelle 6 oder auch Abbildung 6) wurden hier jedoch mit folgender Aenderung verwendet: Die Muster wurden ausschliesslich in den Quadranten der Lautsprecherwand dargeboten, d.h. die Darbietungsfläche beschränkte sich auf eine Matrix von 5 x 5 Lautsprechern, welche auf der Lautsprecherwand entweder links oben, links unten, rechts oben oder rechts unten war. Die Vpn mussten also vor allem versuchen, das Reizmuster einem Quadranten zuzuordnen. Mittels dieser Aufgaben konnte festgehalten werden, ob der Zuhörer überhaupt in der Lage war, eine Anzahl von Tonreizen ganz grob zu orten. Weiterhin wurden die Pbn aufgefordert, nach Möglichkeit auch noch den gehörten numerischen Sequenzablauf zu identifizieren.

Schritt II: Zwölf Tonlinien bzw. Tongeraden wurden selektioniert. Eine Tongerade verbindet mittels sichs benachbarten Lautsprecherquellen zwei Ecken in einer Matrix von 6 x 6 Lautsprechern. Die daraus entstandenen Tongeraden waren: Zwei horizontale am oberen und unteren Rand der Matrix, zwei vertikale am linken und rechten Rand und zwei diagonale (45°) Tongeraden durch die Matrix; jede dieser sechs Tongeraden wurde in beiden Richtungen dargeboten, von oben nach unten, von unten nach oben usw.. Diese zwölf Tongeraden wurden je einmal in einer zufälligen Reihenfolge der Vp dargeboten, und die Präsentationsmöglichkeiten wurden bekanntgegeben. Vier verschieden farbige Täfelchen, welche je mit einer Zahl beschriftet waren, befanden sich in den Ecken der Matrix. Somit konnte die Erkennung der Tongeraden durch das Bekanntgeben von Farben oder Zahlen stattfinden. Als weitere zur Auswahl stehende Antwortmöglichkeit konnte die Tonsequenz durch eine entsprechende Handbewegung identifiziert werden.

Schritt III Zwei dieser eben in Schritt II beschriebenen Tongeraden wurden so miteinander verbunden, dass daraus winkelförmige Ton-

linien entstanden. Aehnliche Musterformen wurden bereits früher dargestellt (siehe Kapitel V), jedoch mit dem Unterschied, dass anstatt der hier verwendeten 11 Lautsprecher pro Item früher 19 verwendet wurden bzw. die Lautsprechermatrix anstelle von 6 x 6 früher 10 x 10 gross war. Total wurden zwölf winkelförmige Tonlinien selektioniert, wobei je die Hälfte davon im Winkel von 45° oder 90° standen. Um die Reizdarbietungen der Schritte II und III im weiteren Text auseinander zu halten, werden die Tonreize des Schrittes II als Tongeraden und die des Schrittes III als winkelförmige Tonlinien bezeichnet.

Schritt IV: Als letztes wurden die achtzehn alphabetischen Muster dargeboten, welche in Kapitel III beschrieben sind. Die Pbn wurden instruiert, dass es sich ausschliesslich um alphabetische Muster handeln werde.

In diesem schrittweisen Vorgehen ist die Zunahme der Reizkomplexität zu erkennen. Daraus soll ersichtlich werden, ob sich Leistungsunterschiede zwischen den experimentellen Gruppen erst auf einer bestimmten Komplexitätsstufe ausprägen. Dieses Vorgehen weist zwar mit dem graduellen Vortraining der Gruppe D (beschrieben in Kapitel III) Aehnlichkeiten auf, jedoch bezwecken in diesem Kapitel die vorhergehenden Schritte nicht in erster Linie eine Angewöhnung für die nachfolgenden. Vielmehr sollen die hier eingeführten Komplexitätsabstufungen die Vergleichsmöglichkeiten zwischen den hirngeschädigten Gruppen vergrössern. (So ist z.B. vorstellbar, dass eine Patientengruppe bereits von Schritt II eine niedrigere Trefferrate erzielen würde, eine andere Gruppe erst in Schritt IV usw..)

VISUELL-RAEUMLICHE AUFGABEN

Vor den auditiv-räumlichen Aufgaben wurden bei allen Pbn zwei visuell-räumliche Test durchgeführt. Zuerst seien diese "Papier-Bleistift"-Tests vorgestellt, und darnach sollen Aehnlichkeiten zwischen den auditiv-räumlichen und den visuell-räumlichen Aufgaben beschrieben werden.

TESTS DES POINTS A ORGANISER II

Dieser von REY (1968) entwickelte Test bezweckt die Ueberprüfung von organisatorischen Fähigkeiten der visuellen Raumwahrnehmung. Das Testformular ist im Anhang in Abbildung 15 aufgezeigt. Zwei konstant bleibende Figuren, nämlich ein Drei- und Viereck müssen jeweils sieben Punkten zugeordnet werden. In progressiv zunehmender Komplexität sind diese Punkte so gruppiert, dass neben dem Ueberschneiden und dem Rotieren der zwei einzutragenden Figuren zusätzliche Striche, Kreise usw. eingezeichnet sind und somit zur Erschwerung führen. Pro Zeile von je sechs Items ist eine Zeitlimite von 90 Sekunden gesetzt. Der Test enthält total zwei Vorübungen mit den daneben eingezeichneten Standardfiguren. In der Auswertung wird jeder vollständigen Figur ein halber Punkt zugeteilt, womit die maximal zu erreichende Punktzahl 30 ist. Eine beschränkte Normierung ist vorhanden, welche primär auf jugendliche Altersklassen abgestimmt ist.

PUNKTMAESSIGE MUSTERERFASSUNG

Die vom Autor zu diesem Zwecke konzipierten Aufgaben beruhen darin, die Mustererkennung aufgrund von punktmässigen visuellen Darbietungen zu überprüfen. Anhand einer vorgegebenen Punktanordnung mussten die passendsten Zahlen und Kleinbuchstaben erkannt werden: zur Einsicht siehe im Anhang das Testformular auf Abbildung 16. Die Schreibweise entsprach dem auf der Lautsprecherwand verwendeten quadratischen Format der Musterformen des Schrittes I und IV. Die Beantwortungszeiten wurden nicht eingeschränkt, analog zum Vorgehen bei den auditiv-räumlichen Aufgaben. Zur Auswertung wurde für jede richtige Musteridentifikation ein Punkt gegeben. Keine Normierung war vorhanden, und lediglich experimentelle Vergleiche zwischen den Gruppen waren vorgesehen.

PARALLELEN ZWISCHEN DEN AUDITIV- UND VISUELL-RÄUMLICHEN AUFGABEN

Zwischen dem visuell-räumlichen Test von REY und den auditiv-räumlichen Reizdarbietungen der Schritte II und III sind folgende Ähnlichkeiten festzuhalten: Die zur Auswahl stehenden Muster waren klar vorgegeben und von der Anzahl her gut überschaubar. Alle Aufgaben waren vergleichsweise einfach und bestanden lediglich aus horizontalen, diagonalen und vertikalen Geraden. Der Identifikationsprozess bestand vor allem darin, eine Zuteilung zu treffen.

Gemeinsamkeiten bestehen auch zwischen den Aufgaben der visuellen punktmässigen Erfassung und den Tonfolgen in Schritt IV, da es sich in beiden um alphabetische Muster handelt. Die Auswahl ist somit relativ gross. Das Muster musste anhand der Punktverteilung gesucht werden, i.S. einer visuell-räumlichen Integration.

R E S U L T A T E

DIE ZUR AUSWERTUNG VERWENDETEN STATISTISCHEN VERFAHREN

Zwei varianzanalytische Gliederungen der Gruppenvergleiche

Um die entscheidenden Gruppenvergleiche auszuführen, wurde in einem ersten varianzanalytischen Verfahren immer alle acht Gruppen miteinbezogen. Weitere Faktoren entsprachen den zu behandelnden experimentellen Variationen. Diese gesamthafte Gegenüberstellung schloss somit den wichtigen Vergleich zwischen den Kontroll- und hirngeschädigten Patientengruppen mit ein. Die klinische neuropsychologische Betrachtung interessiert sich auch für die Auswertung nach dem Kriterium einer links- oder rechtsseitigen corticalen Schädigung. Aus diesem Grunde wurde jeweils eine zweite Varianzanalyse durchgeführt, in welcher als erster Faktor die Grosshirnhemisphären (links und rechts) und als zweiter die Hirnlappen (Frontal-, Temporal- und Parieto-Occipitallappen) verglichen wurden. In dieser Analyse wurden nur die sechs Patientengruppen berücksichtigt. Die in den zwei Varianzanalysen verwendeten Daten haben sich somit z.T. überlappt. Als Vergleiche wurden konstant multiple t Tests verwendet.

Korrelative Beziehungen

Die wechselseitigen Beziehungen zwischen den richtigen Antworten der visuell-räumlichen und auditiv-räumlichen Aufgaben sind in dieser Arbeit von zentralem Interesse. Mittels Spearman Rang Korrelationen hatte man anhand gezielter Hypothesen diese überprüft. Doch zuvor wurden die Schritte II - IV der auditiv-räumlichen Aufgaben untereinander korreliert. Analog geschah dies auch mit den Unterteilen der visuell-räumlichen Tests. Diese zwei Verfahren wurden jeweils mit den acht Gruppen einzeln durchgeführt.

AUDITIV-RAEUMLICHE AUFGABEN

Die Auswertungen sind in den vier Schritten der Darbietungsreize geordnet, wobei jeweils zuerst die richtigen Identifikationen (mit Vergleichen zwischen den acht Versuchs- und den sechs Patienten-gruppen) und darnach die Fehleranalysen aufgeführt werden.

Schritt I: Die 47 Patienten und die 22 Kontrollprobanden (welche insgesamt für die endgültige Auswertung ausgewählt wurden) konnten die Tonreize einwandfrei der linken oder rechten Seite zuteilen. In bezug auf die Hörfähigkeit qualifizierten sich damit diese Teilnehmer für die weiteren Schritte*. In Uebereinstimmung mit den früheren Resultaten (Kapitel III, im Vortraining der Gruppe D) fanden die hoch-tief Zuteilungen auf einer zufälligen Trefferwahrscheinlichkeit statt.

Die akustischen Zahlenmuster, welche in den Quadranten dargeboten wurden, konnten nicht überzufällig identifiziert werden. Bereits bei den Kontrollprobanden wurde lediglich eine Trefferquote von 10% erreicht, und bei den Patientengruppen schwankten die richtigen Identifikationsraten zwischen 3 und 11%. Häufig erfolgten gar keine Antworten, und es war demzufolge unmöglich, sinnvolle Fehleranalysen dieser Zahlenmuster durchzuführen.

Schritte II und III: Schritt II und III wurden in der Auswertung zusammengekommen, denn dadurch ist es möglich, eine Auswirkung aufgrund der unterschiedlichen Reizkomplexität aufzuzeigen. (In beiden Schritten wurden pro Vp 12 Tonfolgen beantwortet.)

* Wie bereits weiter oben erwähnt, wurden drei Patienten wegen Gehörschwächen von der endgültigen Auswertung ausgeschlossen. Alle drei konnten die Tonreize nicht der linken oder rechten Seite zuordnen. Auch die Reizdarbietungen der Schritte II und III wurden völlig falsch beantwortet, und das Experiment musste jeweils abgebrochen werden. (Bei einem Patienten war ein allgemeiner Hörverlust eingetreten und die andern zwei Patienten waren taub auf einem Ohr.)

Leistungsniveau: Total erreichten alle acht experimentellen Gruppen in Schritt II die Trefferquote von 42% und in Schritt III von 40%. Einzeln gesehen erreichten alle Gruppen eine überzufällige Identifikationsrat (Chi-Quadrat für Proportionen, je $p < .01$).

Richtige Antworten: Die erzielten Identifikationswerte sind nach Gruppenunterteilungen in Tabelle 20 für die Tongeraden des Schrittes II und die winkelförmigen Tonlinien des Schrittes III dargestellt.

Tabelle 20: Durchschnittliche Treffer der Schritte II und III

REIZDARBIETUNGEN		KONTROLLGRUPPEN		PATIENTENGRUPPEN MIT FOKALEN HIRNLAESIONEN					
		Normal Diskus- hernie		linke Hemisphäre			rechte Hemisphäre		
				frontal	temporal	parieto- occipital	frontal	temporal	parieto- occipital
		11	11						
Tongeraden	M	4.55	5.91	5.33	5.57	5.00	5.14	5.00	4.18
	s	1.51	1.97	1.12	0.98	1.26	1.95	2.71	1.66
Winkelförmige Tonlinien	M	5.45	5.73	4.78	5.29	4.33	4.29	4.86	4.09
	s	1.04	2.28	1.99	2.43	0.82	1.60	1.77	2.02

Maximale Punktzahl = 12

Mit allen in Tabelle 20 aufgeführten Resultaten wurde eine zweifache Varianzanalyse gerechnet. Weder für den Faktor der acht experimentellen Gruppen noch für den Faktor der Reizdarbietungen wurde Signifikanz erreicht; siehe im Anhang Tabelle 38. Mit den Daten der sechs Patientengruppen wurde eine dreifache Varianzanalyse gerechnet, ohne jegliche Signifikanz für die Hemisphären,

Hirnlappen, Reizdarbietungen, oder die Interaktionen; siehe im Anhang Tabelle 39.

Fehleranalysen: Für beide Arten der Reizdarbietungen - nämlich den Tongeraden und den winkelförmigen Tonlinien - wurden die falschen Identifikationen ausgesucht, welche *keine* gegenläufigen horizontalen Musteranteile enthielten. Dies beruhte auf früher durchgeführten Fehleranalysen, und für die winkelförmigen Tonlinien sind Beispiele von horizontalen richtungsähnlichen Verwechslungen bereits weiter oben in Abbildung 12 (Kapitel V) aufgeführt.

Für Schritt II wurden mit dieser Verwechslungsart total 85% aller Fehler abgedeckt. In Schritt III wird sogar noch der grössere Teil, nämlich 97% aller falschen Antworten erfasst. In beiden Darbietungsschritten konnte somit der grösste Teil aller Fehler der dominierenden horizontalen Berücksichtigung zugeschrieben werden. Diese horizontal richtungsähnlichen Fehler haben sich in den verschiedenen Gruppen nicht stark unterschieden; einfache Varianzanalyse ergab für Schritt II: $df = 7$; $MQ = 5.24$; $F = 1.80$; $p = .10$; und für Schritt III: $df = 7$; $MQ = 5.86$; $F = 1.81$; $p = .10$. Siehe für zweifache Varianzanalysen zwischen den Patientengruppen für Schritt II im Anhang Tabelle 40 und für Schritt III Tabelle 41.

Schritt IV:

Leistungsniveau: Die durchschnittlich erreichten Trefferquoten und die Standardabweichungen sind in Tabelle 21 für alle experimentellen Gruppen eingetragen.

Jede Gruppe erzielte eine überzufällige Trefferquote (Chi-Quadrat für Proportionen, je $p < .01$).

Richtige Antworten: Der Vergleich der alphabetischen Musteridentifikationen über alle acht Gruppen war signifikant unterschiedlich; (einfache Varianzanalyse: $df = 7$; $MQ = 22.53$; $F = 3.67$; $p < .01$). Die multiplen t Test Vergleiche festigten die besseren Resultate der Gruppe N sowie DH im Vergleich zu den Gruppen LT, LPO (je $p < .05$) und RPO (p je sogar $< .001$). Weiterhin waren die LF Patienten folgenden Gruppen überlegen: RF ($p < .05$), LT, LPO (je $p < .01$) und RPO ($p < .001$).

Tabelle 21: Durchschnittliche Treffer in Schritt IV

ANTWORTEN		KONTROLLGRUPPEN		PATIENTENGRUPPEN MIT FOKALEN HIRNLAESIONEN					
		Normal	Diskushernie	linke Hemisphäre			rechte Hemisphäre		
				frontal	temporal	parieto-occipital	frontal	temporal	parieto-occipital
		11	11	9	7	6	7	7	11
Richtige Identifikation	M	6.82	6.64	7.22	3.71	3.67	4.29	5.29	2.91
	s	1.94	2.73	1.72	2.43	1.21	2.75	3.04	3.08

Der Vergleich zwischen den Patientengruppen erbrachte in einer zweifachen Varianzanalyse keine Signifikanz für den Faktor der Hemisphären, und die Interaktion verfehlte knapp die Signifikanzschranke von $p = .05$; siehe im Anhang Tabelle 42. Hingegen der Faktor für die Hirnappen zeigte Unterschiede, welche in den post-hoc errechneten t Test zeigte, dass im Vergleich zu den parieto-occipital geschädigten die frontal geschädigten Patientengruppen bessere Leistungen erbrachten ($p < .01$).

Fehleranalyse: In Anknüpfung an die drei Fehlerkategorien, welche in Kapitel III bereits angewandt wurden, hatte man auch bei diesen gleichen alphabetischen Darbietungen eine gleiche Verwechslungseinstufung ausgeführt. In Tabelle 22 sind die drei Fehlerkategorien für die acht Gruppen aufgetragen.

Tabelle 22: Durchschnittswerte in den drei Fehlerkategorien

FEHLERKATEGORIEN		KONTROLLGRUPPEN		PATIENTENGRUPPEN MIT FOKALEN HIRNLAESIONEN					
		Normal	Diskushernie	linke Hemisphäre			rechte Hemisphäre		
				frontal	temporal	parieto-occipital	frontal	temporal	parieto-occipital
		11	11	9	7	6	7	7	11
I (ähnliche)	M	4.73	2.82	3.44	3.86	3.67	3.57	3.43	1.27
	s	2.24	1.54	2.35	2.54	2.25	1.99	1.90	1.68
II (verwandte)	M	1.73	1.27	1.00	1.71	1.00	1.57	0.86	1.00
	s	1.27	0.90	0.71	1.50	1.10	1.13	0.69	1.34
III (andere)	M	3.91	4.91	5.33	5.86	8.50	5.43	7.29	4.36
	s	1.92	2.91	2.12	3.29	2.51	2.57	4.68	4.25

Ueber alle acht Gruppen zusammen addiert, waren die prozentualen Anteile für die Fehlerkategorie I: 18.2%, II: 7.1% und für III: 30.1%. Zwischen den Gruppen gab es in der Häufigkeit der Fehlerkategorien keine massgebende Differenzen, je einfache Varianzanalysen für I: $df = 7$; $MQ = 4.19$; $F = 1.93$; $p = .08$; II: $df = 7$; $MQ = 1.25$; $F < 1$; $p = NS$; und III: $df = 7$; $MQ = 9.93$; $F = 1.91$; $p = .08$. Im Anhang sind die zweifachen Varianzanalysen der Patientengruppen für I, II und III in den Tabellen 43, 44 und 45 aufgeführt.

Korrelative Beziehungen

Für jede der acht Gruppen wurden für die richtigen Identifikationen die korrelativen Beziehungen zwischen den Schritten II, III und IV gerechnet. In Tabelle 23 sind die r_s Werte (Spearman Rang Korrelations Koeffizienten) aufgeführt. Daraus ist zu ersehen,

Tabelle 23: Korrelative Beziehungen zwischen den einzelnen Schritten

KORRELATIONEN ZWISCHEN DEN SCHRITTEN		KONTROLLGRUPPEN		PATIENTENGRUPPEN MIT FOKALEN HIRNLAESIONEN					
				linke Hemisphäre			rechte Hemisphäre		
		Normal	Diskus- hernie	frontal	temporal	parieto- occipital	frontal	temporal	parieto- occipital
		11	11	9	7	6	7	7	11
II und III	r_s	-.34	.64 *	.88 **	.96 **	.98 **	.71	.82 *	.36
II und IV	r_s	.04	.22	.45	.31	.75	.51	.65	.03
III und IV	r_s	-.04	.23	.79 **	.45	.72	.76 *	.91 **	.60

* = $p < .05$

** = $p < .01$

r_s = Spearman Rang Korrelations Koeffizient

dass die nacheinander folgenden Schritte noch öfters miteinander korrelieren. Zwischen II und IV ist dies jedoch nie der Fall. Dies könnte auf die Komplexitätsabstufung zwischen den Schritten zurückgeführt werden.

VISUELL-RAEUMLICHE AUFGABEN

Es folgt nun die Auswertung der zwei verwendeten visuell-räumlichen Tests:

TEST DES POINTS A ORGANISER II

Leistungsniveau: Die durchschnittlich richtigen Punktwerte und die entsprechenden Standardabweichungen der acht Experimentalgruppen sind in Tabelle 24 aufgezeichnet. In dieser Tabelle 24 sind die er-

Tabelle 24: Durchschnittliche Treffer in den fünf Zeilen

		KONTROLLGRUPPEN		PATIENTENGRUPPEN MIT FOKALEN HIRNLAESIONEN							
ZEILEN		Normal	Diskus- hernie	linke Hemisphäre			rechte Hemisphäre			Σ	
				frontal	temporal	parieto- occipital	frontal	temporal	parieto- occipital		
		11	11	9	7	6	7	7	11		
1	M	5.91	5.55	4.67	4.00	4.00	5.67	4.57	3.05	4.70	
	s	0.30	0.69	1.00	1.73	0.95	0.82	1.17	1.18	1.48	
2	M	5.55	5.14	4.06	2.86	3.67	4.83	4.64	3.32	4.32	
	s	1.15	1.14	1.01	2.06	1.25	0.98	1.41	1.91	1.67	
3	M	5.09	4.73	2.94	3.21	3.33	4.83	4.14	2.59	3.88	
	s	1.45	1.25	1.63	2.00	1.40	0.75	1.57	1.92	1.76	
4	M	5.14	4.82	3.61	2.86	2.08	4.83	4.00	2.45	3.80	
	s	1.16	1.03	1.67	1.86	1.39	1.13	1.00	1.77	1.74	
5	M	5.05	4.55	3.72	2.71	2.50	3.33	3.07	2.73	3.60	
	s	1.15	1.19	1.42	1.98	1.45	1.54	1.54	1.89	1.71	
1 - 5	M	5.35	4.95	3.80	3.13	3.12	4.70	4.09	2.83		
	s	1.20	1.10	1.43	1.87	1.14	1.26	1.40	1.82		

reichten Treffer auch in die fünf Zeilen des Tests unterteilt; siehe im Anhang Abbildung 15.

Gruppenvergleiche: Eine zweifache Varianzanalyse ermittelte die Vergleiche für den ersten Faktor der acht Gruppen und für den zweiten der fünf progressiv schwieriger werdenden Zeilen des Tests; (mittels den Werten in Tabelle 24). Beide Faktoren erreichten Signifikanz; siehe im Anhang Tabelle 46.

Anhand der durchgeführten multiplen t Tests zeigte sich, mit einer Ausnahme, die Ueberlegenheit beider Kontrollgruppen im Vergleich zu den Patientengruppen; die Ausnahme war der Vergleich zwischen DH und RF ($p = .43$). Die relativ guten Resultate der Gruppe RF übertrafen die von LF, LT, LPO und RPO (je $p < .01$). Weiterhin erbrachten die Gruppen LF und RT je signifikant höhere Leistungen im Vergleich zu den Gruppen LT, LPO und RPO ($p < .05$; alle anderen Vergleiche waren $p > .05$).

Für die Patientengruppenvergleiche wurde eine dreifache Varianzanalyse gerechnet, mit den Faktoren Hemisphäre, Hirnloben und den Testzeilen. Alle drei Faktoren und die Interaktion zwischen den ersten zwei Faktoren waren signifikant ($p = < .05$); siehe im Anhang Tabelle 47.

Für die Gruppenvergleiche (erste zwei Faktoren) erbrachten die multiplen t Tests folgende Signifikanz: Pbs mit rechtsseitiger corticalen Läsionen schnitten gesamthaft besser ab als diejenigen mit linksseitiger Schädigung ($p < .05$). Im Vergleich zu den temporal- ($p < .05$) und frontal geschädigten Patienten ($p < .001$), wiesen die parieto-occipital operierten Pbn bedeutend grössere Leistungsschwächen auf. Signifikante Interaktionen dieser zwei Faktoren gab es zu Gunsten von RF im Vergleich zu den Gruppen RPO ($p < .001$) und LF ($p = .02$), und zum Vorteil für RT in der Gegenüberstellung mit RPO ($p < .001$) und LT ($p = .01$).

PUNKTMAESSIGE MUSTERERFASSUNG

Leistungsniveau: Die Trefferquote ist mittels dem Mittelwert und Standardabweichung für jede Gruppe einzeln in Tabelle 25 aufgeführt, wobei Zahlen und Buchstaben getrennt sind.

Allgemein betrachtet liegen die Trefferraten bedeutend höher als in den auditiv-räumlichen Aufgaben, in welchen es sich auch um das Identifizieren von numerischen und alphabetischen Mustern handelte.

Tabelle 25: Durchschnittliche Treffer der Zahlen- und Buchstabenmuster

REIZDARBIETUNGEN		KONTROLLGRUPPEN		PATIENTENGRUPPEN MIT FOKALEN HIRNLAESIONEN					
		Normal	Diskushernie	linke Hemisphäre			rechte Hemisphäre		
				frontal	temporal	parieto-occipital	frontal	temporal	parieto-occipital
		11	11	9	7	6	7	7	11
Zahlen ^a	M	5.09	5.55	5.11	4.86	4.67	4.83	3.86	3.09
	s	1.22	0.69	0.78	1.07	1.03	0.41	1.57	1.58
Buchstaben ^b	M	16.45	15.64	14.33	15.86	10.83	14.00	15.00	9.91
	s	0.82	1.63	3.84	1.35	2.71	2.28	1.83	5.58
I	M	21.55	21.18	19.44	20.71	15.50	18.83	18.86	13.00
	s	0.93	2.04	3.64	1.70	2.74	2.56	2.79	6.71

^a Maximale Punktzahl = 16

^b Maximale Punktzahl = 18

Gruppenvergleiche: Zuerst wurden für die Zahlen und Buchstaben getrennt Vergleiche anhand einfacher Varianzanalysen zwischen den acht Gruppen durchgeführt. Aufgrund der *Zahlenaufgaben* $df = 7$; $MQ = 4.95$; $F = 3.84$; $p = .002$) wurden folgende Gruppendifferenzen ermittelt: die Gruppen N, DH und LF erzielten höhere Trefferraten als RT und RPC, RF, LT und LPO erbrachten bessere Leistungen als RPO (multiple t Tests, je $p < .05$). Anhand der auch für die *Buchstaben* signifikant ausgefallenen Varianzanalyse ($df = 7$; $MQ = 45.56$; $F = 4.92$; $p = .001$) wurden post-hoc folgende multiple t Test Vergleiche festgehalten: Die beiden parieto-occipitalen Gruppen waren in ihren Ergebnissen signifikant schlechter als alle übrigen Gruppen ($p < .05$), mit einer Ausnahme, nämlich RF im Vergleich zu LPO ($p = .08$).

Zweitens wurden nur mit den Patientengruppen je zweifache Varianzanalysen gerechnet. Mit den *Zahlenaufgaben* war der Faktor der Hemisphären signifikant, der Faktor der Hirnloben verfehlte knapp die .05 Schranken und die Interaktion war nicht signifikant; siehe im Anhang Tabelle 48. Die multiplen t Tests zeigten, dass eine rechtsseitige corticale Schädigung sich im Vergleich zu einer linksseitigen negativer auswirkte ($p < .01$). Weiterhin waren die frontal lädierten Patienten besser in ihren Leistungen als die parieto-

occipital geschädigten ($p < .01$). Die analoge Analyse mit den *Buchstaben* ergab lediglich eine Signifikanz für den Faktor der Hirnlap-
pen; siehe im Anhang Tabelle 49 . Die multiplen t Vergleiche zeigen,
dass die frontalen und temporalen Patientengruppen der parieto-
occipitalen in ihren Trefferraten überlegen sind (je $p < .05$).

Für jede Versuchsgruppe wurde zwischen den Zahlen- und Buchstaben-
aufgaben Korrelationen durchgeführt. Einzig in der Gruppe RPO war
zwischen den richtigen Antworten dieser Aufgaben eine positive Be-
ziehung zu finden ($r_s = .65$; $p = .03$).

Beziehungen zwischen den zwei visuell-räumlichen Tests

Für jede Gruppe einzeln wurden die möglichen Korrelationen zwi-
schen den zwei Tests gerechnet und im Anhang in Tabelle 50 auf-
gestellt. In der Gruppe RT und sogar noch ausgeprägter in der
Gruppe RPO bestand ein deutlicher Zusammenhang zwischen einer-
seits den Zahlen- und Buchstabenaufgaben und andererseits den fünf
Zeilen. Diese positiven Korrelationen sind speziell bei den Kon-
trollgruppen und auch bei den Patientengruppen mit linksseitigen
Hirnschädigungen überhaupt nicht vorhanden.

KORRELATIVE BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DEN AUDITIV-RAEUMLICHEN UND VISUELL- RAEUMLICHEN LEISTUNGEN INNERHALB DER GRUPPEN

Aufgrund der formulierten Hypothesen (in der Einleitung dieses Kapi-
tels) waren speziell die Beziehungen der Schritte II und III mit dem
Test von REY, u n d zwischen dem Schritt IV und dem Test der punkt-
mässigen Mustererfassung von Interesse. Diese Korrelationen sind im
Anhang in Tabelle 51 aufgeführt.

Aus den 96 gerechneten Korrelationen ergaben sich vier signifikante
Resultate, wovon eines negativ ausgefallen ist. Somit wurden keine
massgebenden Wechselbeziehungen innerhalb der einzelnen Gruppen zwi-
schen den auditiven und visuellen Leistungen festgehalten.

ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

AUDITIV-RAEUMLICHE AUFGABEN

Anhand der schrittweisen Zunahme in der Reizkomplexität sind die folgenden Trennungen eingetreten: (1) Corticale Läsionen haben auf die Ortungsfähigkeit keinen Effekt, wenn lediglich zwischen Schallquellen aus der linken und rechten Hälfte der Lautsprecherwand unterschieden werden muss. (2) Patienten mit corticalen Läsionen können im Vergleich zu hirngesunden Pbn die Tongeraden und die winkelförmigen Tonlinien mit etwa gleich hohen Trefferraten richtig identifizieren. (3) Erst auf der sehr komplexen Leistungsebene der alphabetischen Musterwahrnehmung prägen sich zwischen den Gruppen einige signifikante Leistungsunterschiede aus. Diese Unterschiede wurden im folgenden zusammengefasst und die Auswirkungen der lädierten Hirnappen auf die auditiv-räumlichen Leistungen diskutiert.

Die Rolle des Frontallappens

Der Effekt frontaler Läsionen auf die auditiv-räumlichen Fähigkeiten wird, wenn überhaupt, als äusserst geringfügig eingeschätzt. In keinem der vier Darbietungsschritte waren die Trefferraten der LF und RF Gruppen signifikant niedriger als die der Kontrollgruppen.

Leistungsunterschiede zwischen den LF und RF Patienten waren jedoch vorhanden. In Schritt IV (alphabetische Muster) erzielte die LF Gruppe eine überraschend hohe Trefferrate, welche höher als diejenige beider Kontrollgruppen war. Dadurch erreichte die Gruppe LF ein signifikant höheres Resultat, unter anderem auch im Vergleich zur RF Gruppe; (in den experimentellen Gruppenvergleichen). Diesem Unterschied kann jedoch nicht allzuviel Bedeutung beigemessen werden, da, wie bereits erwähnt, die RF Patienten in ihren Leistungen den Kontrollgruppen nicht signifikant unterlegen waren.

Aufgrund der Resultate spielen Läsionen weder im linken noch im rechten Frontallappen eine massgebende Rolle in der Fähigkeit, auditiv-räumliche Tonmuster wahrzunehmen.

Die Rolle des Temporallappens

Aus den verschiedensten Forschungsansätzen wird die enge Verknüpfung zwischen der auditiven Reizverarbeitung und dem Temporallappen deutlich. Dies beruht nicht zuletzt darin, dass eine temporale Läsion den auditiven Cortex mitzerstören kann. In der Tonortung haben SANCHEZ-LONGO (wie bereits in der Einführung dieses Kapitels zitiert) dem Temporallappen eine Funktionsspezialisierung zugesprochen.

Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, dass temporal geschädigte Patienten in der Lage waren, einfache links-rechts Tonquellen (Schritt I) und sogar die Tongeraden (Schritt II) und winkelförmige Tonlinien (Schritt III) durchschnittlich zu identifizieren. Bei der Identifikation der alphabetischen Muster (Schritt IV) waren jedoch die LT Patienten in ihren Leistungen signifikant unter denjenigen der N, DH und LF Gruppen. Signifikante Auswirkungen nach rechtsseitigen Läsionen im Temporallappen wurden hingegen nicht festgestellt. Keine der zitierten Arbeiten erlauben für diesen Unterschied zwischen RT und LF Patienten eine passende Erklärung.

Oft können Unterschiede zwischen links- und rechtsseitiger Hirnschädigung auf den sprachlichen und nicht-sprachlichen Informationsinhalt der Reizverarbeitung zurückgeführt werden. Auch in diesem Zusammenhang kann folgendes Argument, welches in diese Richtung lenkt, aufgeführt werden: Man kann nämlich hervorheben, dass lediglich bei den *alphabetischen* Tonfolgen die Beeinträchtigung bei den Patienten eintrat, welche in der dominanten Hemisphäre lädiert waren. Dieser Gedankengang ist hingegen wenig überzeugend, wenn man sich den effektiven sprachlichen Informationsinhalt vergegenwärtigt. Bei der Identifikation stand der einzelne Buchstabe als räumliches Muster im Vordergrund. Demzufolge be-

schränkt sich der verbale Verarbeitungsanteil auf die Verfügbarkeit der alphabetischen Auswahl. Diese Verfügbarkeit wurde jedoch bei der visuellen Erkennung (Test für punktmässige Mustererfassung) in wahrscheinlich ähnlicher Form angesprochen, und die LT und RT Gruppen erzielten etwa die gleichen Trefferraten.

Um den Unterschied zwischen den Gruppen aufzudecken, kann man sich eine weitere Frage stellen: Inwiefern spielen die sequentiellen Integrationsprozesse eine Rolle?

Der Reizablauf verlief in den gleichen zeitlichen Abständen, also keine verschiedenen Rhythmen. Auf die Frage, wieso die LT Patienten in der zeitlichen Integrationsfähigkeit nur in Schritt IV, nicht aber in den Schritten II und III gestört waren, ist keine schlüssige Antwort zu finden. Die Antwort auf den Unterschied zwischen den RT und LT Gruppen bleibt offen.

Die Rolle der Parieto-Occipitallappen

Deutliche negative Auswirkungen nach parieto occipitalen Läsionen wurden bei der alphabetischen Musteridentifikation beobachtet. Die Gruppen N, DH und LF waren den linksseitig und, noch ausgeprägter, den rechtsseitig lädierten Patienten im Parieto-Occipitallappen signifikant überlegen. Die Leistungsvergleiche der Patientengruppen zeigten, dass die frontal den parieto-occipital geschädigten Patientengruppen überlegen waren. Die Rolle der parieto-occipitalen Schädigungen scheint gleich eindeutig wie bei den Frontallappen zu sein, d.h. Läsionen in einem der beiden Frontallappen hatten keine Effekte, und in beiden Parieto-Occipitallappen waren die negativen Auswirkungen der Läsionen klar ausgeprägt.

Bereits in den Schritten II und III erbrachten die parieto-occipital geschädigten Patienten tendenzweise die niedrigsten Trefferraten. Die auditiv-räumliche Tonfolgenwahrnehmung komplexer Muster ist darauf angewiesen, dass der parieto-occipitale Cortex nicht lädiert ist

VISUELL-RAEUMLICHE AUFGABEN

In dem Test des points à organiser II erbrachten, mit Ausnahme der RF, alle Patientengruppen signifikant tiefere Trefferraten als die Kontrollgruppen. Daraus könnte man ableiten, dass sich dieser Test für die Trennung der visuell-räumlichen Leistungen zwischen hirngesunden und hirngeschädigten Personen eignet. Die Leistungsunterschiede zwischen den Patienten ergeben hingegen kein klares Bild. Speziell die signifikant besseren Trefferraten der rechtsseitig cortical geschädigten Patienten, im Vergleich zu den Patienten mit einer Läsion in der linken Hemisphäre, entsprechen nicht den aus der Literatur bekannten Funktionsspezialisierungen. Erwartungsgemäss sind hingegen die eingetretenen Leistungsschwächen der RPO und LPO Gruppen.

In dem Test der punktmässigen Mustererfassung sind diese Leistungsschwächen der RPO und LPO viel prägnanter ausgefallen, denn mit einer Ausnahme erreichten die parieto-occipitalen Patienten niedrigere Trefferraten als die anderen Gruppen, und in allen weiteren Gruppenvergleichen wurden keine signifikanten Unterschiede der Trefferraten festgestellt.

Die Unterschiede zwischen diesen zwei visuell-räumlichen Tests können natürlich auf die verschiedenen Aufgaben zurückgeführt werden, jedoch sollte eine von den Stimuli unabhängige Variation nicht unbeachtet gelassen werden. Einzig bei dem Test des points à organiser II wurden (pro Zeile) *Zeitlimiten* gesetzt. Es ist demzufolge nicht auszuschliessen, dass zeitliche Limiten in den verschiedenen Patientengruppen eine unterschiedliche Rolle gespielt haben. Es wäre von Interesse, in folgenden Arbeiten die Rolle der Zeitlimiten zu untersuchen.

PARALLELEN ZWISCHEN DEN AUDITIV-RAEÜMLICHEN
UND VISUELL-RAEÜMLICHEN AUFGABEN

Die erwarteten korrelativen Beziehungen zwischen (1) Schritt II und/oder Schritt III der auditiv-räumlichen Aufgaben und dem Test des points à organiser II und (2) zwischen Schritt IV und der visuellen punktmässigen Musterintegration sind nicht eingetreten. Von Anfang an stand fest, dass es sehr schwierig ist, ähnliche Aufgaben für beide Sinnesmodalitäten zu finden. Doch speziell in den oben als (2) aufgeführten Aufgaben wurden parallele Leistungen angenommen, denn es handelte sich beide Male um die räumliche Integration der gleichen alphabetischen Muster.

In keiner der Gruppen waren massgebende positive Korrelationen in (1) und (2) ausgeprägt. Interessanterweise hatten die LPO und RPO Gruppen in den visuellen und auditiven Aufgaben die grössten Leistungsschwächen zu verzeichnen, und trotzdem waren die Schwächen der einzelnen parieto-occipital geschädigten Patienten nicht parallel ausgefallen.

Um die fehlenden parallelen Leistungen zu ergründen, sind folgende Möglichkeiten in Betracht zu ziehen: (a) Die auditiven und visuellen Aufgaben bzw. deren *Verarbeitungsprozesse* unterschieden sich in Bezug auf die zeitliche Dimension, d.h. es handelte sich zwar um die räumliche Integration der gleichen Musterformen, jedoch war die zeitliche Darbietungsform sehr verschieden. Bei den visuellen Darbietungen wurden alle Punkte des Musters simultan gesehen. Im Unterschied dazu benötigte die Integration eines akustischen Musters eine Speicherung der Tonfolgen, da eine Darbietung durchschnittlich 20" lang war. (b) Es ist anzunehmen, dass die *Anforderungen* der auditiven und visuellen Aufgaben unterschiedlich sind, denn die Trefferraten der auditiven Aufgaben sind gesamthaft viel niedriger. Die visuellen Aufgaben entsprechen viel eher unseren alltäglichen Erfahrungen und waren demzufolge leichter richtig zu identifizieren. (c) Auch unterschiedliche *Läsionseffekte* auf die auditive oder visuelle Sinnesverarbeitung sind insofern vorstellbar, dass z.B. eher occipitale Läsionen mit niedrigeren visuellen Leistungen einhergehen usw.. Innerhalb

der untersuchten parieto-occipital Patientengruppen wurden verschiedene Unterteilungen analysiert. Keine schlüssigen Beziehungen konnten jedoch erkannt werden, denn bei allen Patienten war der Occipital- und Parietallappen zusammen betroffen.

Dieser interessante Befund soll unter Berücksichtigung der drei erwähnten Möglichkeiten vom Verfasser dieser Arbeit weiter verfolgt werden.

SCHLUSSBEMERKUNG

Hirngeschädigte Patienten unterscheiden sich von hirngesunden Pbn in der Fähigkeit, komplexe auditiv-räumliche Muster wahrzunehmen. Damit wurde ein Ansatz gefunden, welcher die Möglichkeit von diagnostischen und therapeutischen Massnahmen eröffnet. Im Vergleich zu den üblichen visuellen Abklärungen können damit komplexere auditiv-räumliche Fähigkeiten mit analysiert werden.

A N H A N G

Tabellen 26 - 51

Abbildungen 14 - 16

Tabelle 26: Dreifache Varianzanalyse (Kapitel III)
Vergleiche in den Gruppen A und B

QUELLE	df	MQ	F	p
Auswahlverfahren (A)	1	424.62	40.44	.001
Darbietungsreihenfolge (B)	1	104.80	9.79	.01
Geschlecht (C)	1	56.80	5.36	.05
A X B	1	1.89	0.18	.67
A X C	1	0.84	0.08	.77
B X C	1	0.74	0.07	.79
A X B X C	1	20.37	1.94	.17

Tabelle 27: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel III):
Vergleiche in den Gruppen B und D

QUELLE	df	MQ	F	p
Vortraining (A)	1	4.66	0.95	.34
Buchstabengruppe (B)	1	20.14	4.11	.051
A X B	1	9.36	1.91	.18

Tabelle 28: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel III):
Gruppen- und Geschlechtsvergleiche in den KTs

QUELLE	df	MQ	F	p
Gruppen (A)	3	34.18	3.47	.02
Geschlecht (B)	1	54.47	5.53	.02
A X B	3	10.93	1.11	.35

Tabelle 29: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel III):

Vergleich der Darbietungsreihenfolge in den KTs

QUELLE	df	MQ	F	p
Darbietungsreihenfolge (A)	2	0.59	0.10	.91
Kontrolltests (B)	7	59.67	10.13	.001
A X B	12	4.74	0.74	.71

Tabelle 30: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel IV)

Horizontale oder vertikale Reduktionen in den

Musterkategorien II - IV

QUELLE	df	MQ	F	p
Reduktion (A)	1	9.01	5.43	.02
Musterkategorie (B)	2	17.40	10.48	.001
A X B	2	3.90	2.35	.10

Tabelle 31: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel V):
Gegenüberstellung der Versuchsbedingungen

QUELLE	df	MQ	F	p
Lautsprecherposition (A)	4	293.18	47.06	.001
Versuchsgruppe (B)	2	132.14	21.21	.001
A X B	8	5.23	0.84	.57

Tabelle 32: Dreifache Varianzanalyse (Kapitel V):
Richtige Musteridentifikationen

QUELLE	df	MQ	F	p
Versuchsgruppe (A)	2	43.99	22.33	.001
Lautsprecherwandposition (B)	4	96.63	49.05	.001
Winkelkategorie (C)	2	32.17	16.33	.001
A X B	8	1.95	0.99	.44
A X C	4	1.22	0.62	.65
B X C	8	3.23	1.64	.11
A X B X C	16	2.13	1.08	.37

Tabelle 33: Dreifache Varianzanalyse (Kapitel V):
Uebungseffekte

QUELLE	df	MQ	F	p
Versuchsgruppe (A)	2	66.34	17.23	.001
Stellung (B)	4	2.70	0.70	.59
Hälfte (C)	1	39.69	10.31	.01
A X B	8	2.62	0.68	.71
A X C	2	1.58	0.41	.66
B X C	4	2.23	0.58	.68
A X B X C	8	1.96	0.51	.85

Tabelle 34: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel VII)
Token Test und die Patientengruppen

QUELLE	df	MQ	F	p
Hemisphäre (A)	1	3.17	1.01	.32
Lappen (B)	2	2.67	0.67	.52
A X B	2	4.08	1.30	.29

Tabelle 35: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel VII)
 Objektbenennungstest und die Patientengruppen

QUELLE	df	MQ	F	p
Hemisphäre (A)	1	0.11	0.15	.70
Lappen (B)	2	1.61	2.15	.13
A X B	2	0.42	0.42	.66

Tabelle 36: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel VII)
 MWT und die Patientengruppen

QUELLE	df	MQ	F	p
Hemisphäre (A)	1	4.93	0.38	.54
Lappen (B)	2	18.03	1.39	.26
A X B	2	1.56	0.12	.88

Tabelle 37: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel VII)
 CFT und die Patientengruppen

QUELLE	df	MQ	F	p
Hemisphäre (A)	1	2.18	0.10	.75
Lappen (B)	2	48.44	2.22	.12
A X B	2	17.02	0.78	.47

Tabelle 38: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel VII)

Vergleiche zwischen den Experimentalgruppen und
den richtigen Antworten für die Tongeraden und
die winkelförmigen Tonlinien

QUELLE	df	MQ	F	p
Gruppe (A)	7	4.17	1.31	.25
Reizdarbietung (B)	1	1.78	0.56	.46
A X B	7	1.18	0.37	.91

Tabelle 39: Dreifache Varianzanalyse (Kapitel VII)

Patientengruppenvergleiche der richtigen Antworten
für die Tongeräten und die winkelförmigen Tonlinien

QUELLE	df	MQ	F	p
Hemisphäre (A)	1	4.73	1.47	.23
Lappen (B)	1	4.64	1.44	.24
Seitdarbietung (C)	1	4.26	1.32	.26
A X B	2	0.32	0.10	.91
A X C	1	0.32	0.10	.75
B X C	1	0.46	0.15	.86
A X B X C	2	0.36	0.11	.89

Tabelle 40: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel VII)
 Patientengruppen und Fehleranalyse der Tongeraden

QUELLE	df	MQ	F	p
Hemisphäre (A)	1	4.04	1.67	.20
Lappen (B)	2	> 2.48	> 1.00	NS
A X B	2	> 2.48	> 1.00	NS

NS = Nicht signifikant, $p > .05$

Die in der Fehleranalyse verwendeten Werte sind:

	N	DH	LF	LT	LPO	RF	RT	RPO
M	7.45	5.45	5.89	5.86	5.83	5.14	4.71	5.91
s	1.51	2.30	0.78	0.90	1.47	2.41	1.98	1.51
N	11	11	9	7	6	7	7	11

Tabelle 41: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel VII)
Patientengruppen und Fehleranalyse der
winkelförmigen Tonlinien

QUELLE	df	MQ	F	p
Hemisphäre (A)	1	9.19	3.27	.08
Lappen (B)	2	> 2.84	> 1.00	NS
A X B	2	9.83	3.46	.04

NS = Nicht signifikant, $p > .05$

Die in der Fehleranalyse verwendeten Werte sind:

	N	DH	LF	LT	LPO	RF	RT	RPO
M	5.64	4.27	5.56	4.43	5.67	4.29	5.29	3.36
s	1.63	2.33	1.42	1.27	1.51	1.60	1.80	2.11
N	11	11	9	7	6	7	7	11

Tabelle 42: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel VII)

Patientengruppen und Fehleranalyse der
alphabetischen Muster

QUELLE	df	MQ	F	p
Hemisphäre (A)	1	5.62	0.88	.35
Lappen (B)	2	22.88	3.58	.04
A X B	2	19.11	2.99	.06

Tabelle 43: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel VII)
 Patientengruppen und Fehlerkategorie I

QUELLE	df	MQ	F	p
Hemisphäre (A)	1	9.15	2.06	.16
Lappen (B)	2	6.22	1.40	.26
A X B	2	6.66	1.50	.24

Tabelle 44: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel VII)
 Patientengruppen und Fehlerkategorie II

QUELLE	df	MQ	F	p
Hemisphäre (A)	1	0.13	0.10	.75
Lappen (B)	2	0.41	0.32	.73
A X B	2	1.92	1.51	.23

Tabelle 45: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel VII)
Patientengruppen und Fehlerkategorie III

QUELLE	df	MQ	F	p
Hemisphäre (A)	1	> 11.81	> 1.00	NS
Lappen (B)	2	> 11.81	> 1.00	NS
A X B	2	2.70	2.70	.08

NS = Nicht signifikant, $p > .05$

Tabelle 46: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel VII)

Experimentalgruppen und Test des points
à organiser II

QUELLE	df	MQ	F	p
Gruppe (A)	7	35.23	17.10	.001
Zeilen des Tests (B)	4	14.58	7.08	.001
A x B	28	1.15	0.56	.97

Tabelle 47: Dreifache Varianzanalyse (Kapitel VII)
Patientengruppen und Test des points
à organiser II

QUELLE	df	MQ	F	p
Hemisphäre (A)	1	14.98	6.14	.01
Lappen (B)	2	29.89	12.25	.001
Zeilen des Tests (C)	4	11.57	4.74	.001
A X B	2	9.05	3.71	.03
A X C	4	1.46	0.60	.66
B X C	8	1.10	0.45	.89
A X B X C	8	1.71	0.70	.69

Tabelle 48: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel VII)

Patientengruppen und die punktmässige Erfassung
von numerischen Mustern

QUELLE	df	MQ	$\hat{F}$	p
Hemisphäre (A)	1	9.91	6.88	.01
Lappen (B)	2	4.39	3.05	.059
A X B	2	1.54	1.07	.35

Tabelle 49: Zweifache Varianzanalyse (Kapitel VII)

Patientengruppen und die punktmässige Erfassung
von alphabetischen Mustern

QUELLE	df	MQ	F	p
Hemisphäre (A)	1	5.48	0.42	.52
Lappen (B)	2	101.22	7.75	.001
A X B	2	1.31	0.10	.91

Tabelle 50: Korrelationen (Kapitel VII)

Beziehungen zwischen den zwei visuell-räumlichen Tests

KORRELATIONEN		KONTROLLGRUPPEN		PATIENTENGRUPPEN MIT FOKALEN HIRNLAESIONEN					
		Normal	Diskushernie	linke Hemisphäre			rechte Hemisphäre		
				frontal	temporal	parieto-occipital	frontal	temporal	parieto-occipital
		11	11	9	7	6	7	7	11
ZAHLEN mit den Zeilen:	1 r_s	.16	.20	.06	-.29	-.13	-.20	.12	.70
	2 r_s	-.32	.12	.00	-.34	.03	.42	.42	.52
	3 r_s	-.19	-.19	.26	-.60	-.33	.57	.82 *	.85 ***
	4 r_s	.03	-.19	-.61 *	-.27	.59	.66	.81 *	.66 *
	5 r_s	.12	-.18	-.36	-.52	.81	.66	.67	.60 *
BUCHSTABEN mit den Zeilen:	1 r_s	-.27	.34	-.61 *	.80	.25	-.14	.34	.66 *
	2 r_s	.22	.29	.19	.61	.62	.20	.60	.84 **
	3 r_s	-.06	-.05	.00	.48	.09	.30	.76	.89 ***
	4 r_s	-.04	.07	.16	-.05	-.22	.62	.42	.64 *
	5 r_s	-.42	-.09	-.45	.27	-.10	.59	.02	.73 *

* = $p < .05$

** = $p < .01$

*** = $p < .001$

r_s = Spearman Rang Korrelations Koeffizient

Tabelle 51: Korrelationen (Kapitel VII)

Beziehungen zwischen den auditiv- und visuell-räumlichen Aufgaben

KORRELATIONEN		KONTROLLGRUPPEN		PATIENTENGRUPPEN MIT FOKALEN HIRNLAESIONEN					
		Normal	Diskus- hernie	linke Hemisphäre			rechte Hemisphäre		
				frontal	temporal	parieto- occipital	frontal	temporal	parieto- occipital
				9	7	6	7	7	11
SCHRITT II mit den Zeilen:	1 r_s	.20	.53	.23	-.38	-.27	-.39	.81 *	.25
	2 r_s	.05	-.06	.29	-.08	-.39	-.93 **	.60	.51
	3 r_s	.27	-.12	.28	-.02	-.46	-.49	.07	.34
	4 r_s	-.16	.20	-.26	-.20	.24	-.75	.47	.20
	5 r_s	-.03	.12	.06	.23	.07	-.55	.81 *	.42
SCHRITT III mit den Zeilen:	1 r_s	-.21	.16	.17	-.36	-.14	-.14	.52	.52
	2 r_s	.16	.18	.42	-.02	-.64	-.59	.41	.56
	3 r_s	.13	.17	.38	-.02	-.09	-.36	.32	.41
	4 r_s	.20	.25	-.12	-.06	-.02	-.46	.45	.48
	5 r_s	.39	.26	-.12	.34	-.03	-.28	.74	.62 *
SCHRITT IV Zahlen		.42	-.05	-.24	-.47	.81	-.27	.69	.40
SCHRITT IV Buchstaben		.28	.04	.35	.00	.00	-.28	.56	.29

* = $p < .05$

** = $p < .01$

r_s = Spearman Rang Korrelations Koeffizient

Abbildung 14: Alphabetische Musterdarbietungen

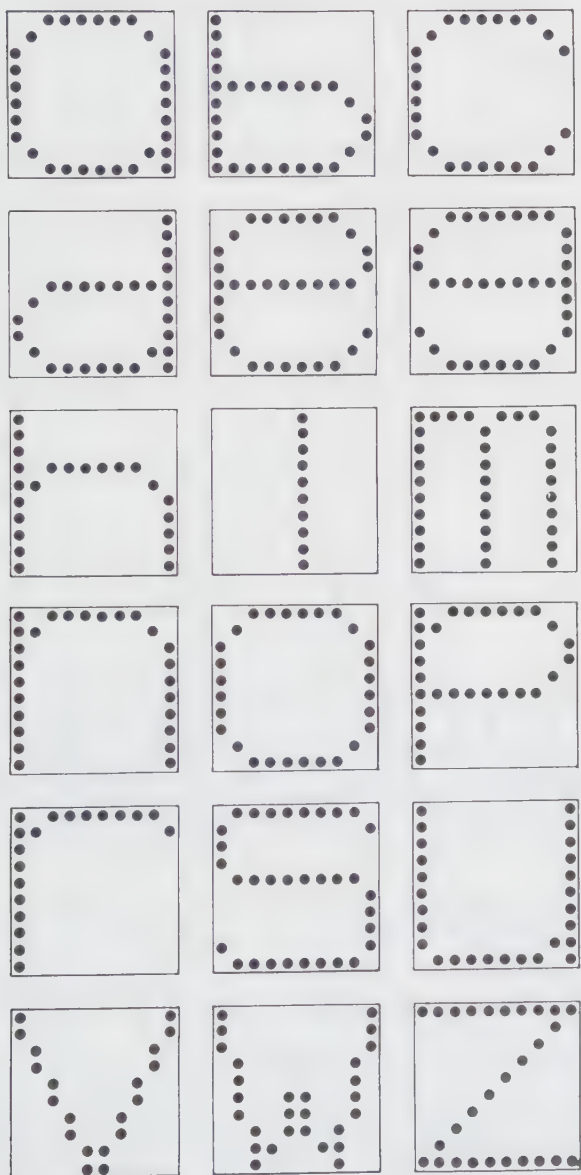


Abbildung 15: Testformular: Test des points
à organiser II

NAME:

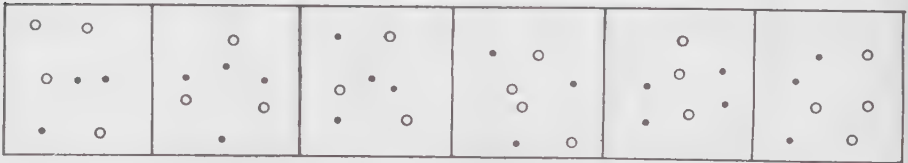
DATUM:



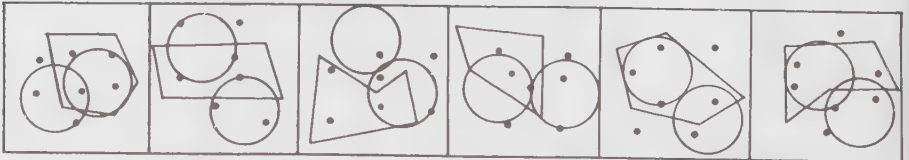
1



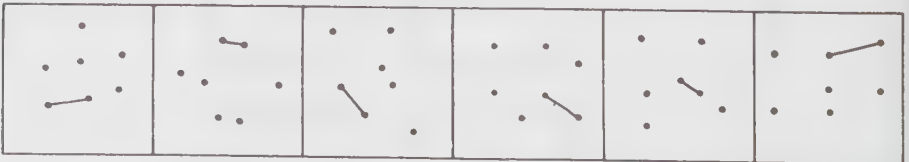
2



3



4



5

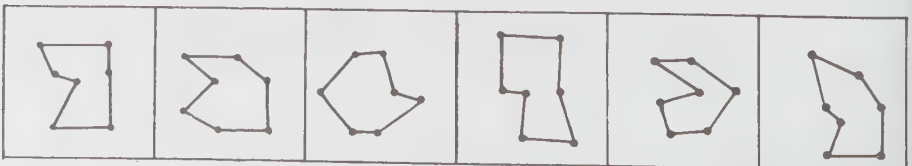
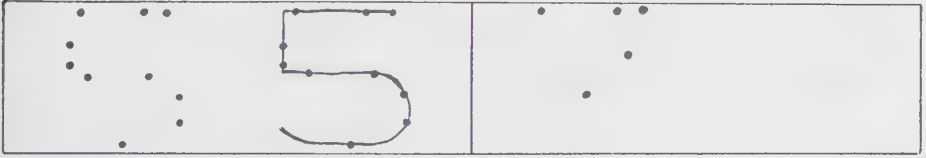


Abbildung 16: Testformular: Punktmässige Mustererfassung

NAME:

DATUM:



LITERATURVERZEICHNIS

- Altshuler, M. & Comalli, P.: Auditory localization and body tilt. Journal of Auditory Research, 1970, 10, 197-200.
- Ammons, C., Worchel, P. & Dallenbach, K.: "Facial vision": Perception of obstacles out of doors by blindfolded and blindfolded deafened subjects. American Journal of Psychology, 1953, 66, 519-553.
- Bach-y-Rita, P.: Brain mechanisms in sensory substitution. New York: Academic Press, 1972.
- Baru, A. & Karaseva, T.: The brain and hearing. New York: Consultants Bureau, 1972.
- Beecher, M.: A comparative study of auditory localization. International Dissertation Abstracts, 1970, 31, 3721.
- Beitel, R.: The head orienting response, sound localization and habituation in the cat. International Dissertation Abstracts, 1970, 31, 1557.
- Bekesy, G. von: Zur Theorie des Hörens. Physikalische Zeitschrift, 1930, 31.
- Bekesy, G. von: Experiments in hearing. New York: 1963
- Binswanger, L.: Das Raumproblem in der Psychopathologie. Zeitschrift der Neurologie, 1933, 145, 598.
- Bischof, N.: Psychophysik der Raumwahrnehmung. In: Gottschaldt, K. von, Sander, F., Lersch, P. & Thomae, H. (Hrsg.): Handbuch der Psychologie, Band I.1, Göttingen: Hogrefe, 1966.

- Boring, E.: A history of experimental psychology. New York: Appleton-Century-Crofts, 1957 (2. Aufl.).
- Brown, J.: Aphasie, Apraxie und Agnosie. Stuttgart: Fischer, 1975.
- Burger, J.: Front-back discrimination of the hearing system. Acustica, 1958, 8, 301-302.
- Casseday, J. & Neff, W.: Localization of pure tones. Journal of the Acoustical Society of America, 1973, 54, 365-372.
- Coleman, P.: Failure to localize the source of distance of an unfamiliar sound. Journal of the Acoustical Society of America, 1962, 34, 345-346.
- Collins, C.: Tactile vision synthesis. In: Sterling, T., Bering, E., Pollack, S. & Vaughan, H. (Eds.): Visual prosthesis; the interdisciplinary dialogue. New York: Academic Press, 1971.
- Cotzin, M. & Dallenbach, K.: "Facial vision": The role of pitch and loudness in the perception of obstacles by the blind. American Journal of Psychology, 1950, 63, 483-515.
- Crosby, E. Humphrey, T & Lauer, E.: Correlative anatomy of the nervous system. New York: Macmillan, 1962.
- Curtis, J. & Winer, D.: The auditory abilities of the blind as compared with the sighted. Journal of Auditory Research, 1969, 9, 57-59.
- De Renzi, E. & Vignolo, L.: The Token-Test: a sensitive test to detect receptive disturbances in aphasics. Brain, 1962, 85, 665-678.

- Diamond, I. & Neff, W.: Ablation of temporal cortex and discrimination of auditory pattern. Journal of Neurophysiology, 1957, 20, 300-315.
- Fisher, G. & Freedman, S.: Localization of sound during simulated unilateral conductiv hearing loss. Psychonomic Bulletin, 1967, 1, 2.
- Fisher, G. & Freedman, S.: The role of the pinna in auditory localization. Journal of Auditory Research, 1968, 8, 16-26.
- Fischer, M.: Die Orientierung im Raume bei Wirbeltieren und beim Menschen. In: Bethe, A. & Bergmann, G. von (Hrsg.): Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, 1931.
- Galambos, R., Schwartzkopff, J. & Rupert, A.: Microelectrode study of the superior olivary nuclei. American Journal of Physiology, 1959, 197, 527-536.
- Gardner, M.: Some monaural and binaural facets of median plane localization. Journal of the Acoustical Society of America, 1973, 54, 1489-1495.
- Heffner, H. & Masterton, R.: Contribution of the auditory cortex to sound localization in the monkey. Journal of Neurophysiology, 1975, 38, 1340-1358.
- Hochberg, J.: Perception. In: Kling, J., & Rigg, L. (Eds.): Woodworth & Schlosberg's experimental psychology. London: Methuen, 1972 (3. ed.).
- Jerger, J., Lovering, L. & Wertz, M.: Auditory disorder following bilateral temporal lobe insult: Report of a case. Journal of Speech & Hearing Disorders, 1972, 37, 523-535.

- Jonkhees, L. & Veer, R.: On directional sound localization in unilateral deafness and its explanation. Acta Oto-Laryngologica, 1958, 49, 119-131.
- Keidel, W.: Das räumliche Hören. In: Gottschaldt, K. von, Sander, F., Lersch, P. & Thomae, H. (Hrsg.): Handbuch der Psychologie, Band I,1, Göttingen: Hogrefe, 1966.
- Keidel, W.: Physiologie des Gehörs. In: Keidel, W. (Hsg.): Physiologie. Stuttgart: Thieme, 1970 (2. Aufl.).
- Keidel, W.: Richtungshören und Entfernungshören. In: Keidel, W. (Hrsg.): Physiologie des Gehörs. Stuttgart: Thieme, 1975.
- Keidel, W., Keidel, U. & Wigand, M.: Lautheitseinfluss auf die Informationsverarbeitung beim binauralen Hören des Menschen. Pflügers Arch. ges. Physiol., 1960, 270, 370-389.
- Kemp, E. & Robinson, E.: Electric responses of the brain stem to bilateral auditory stimulation. American Journal of Physiology, 1937, 120, 316-322.
- Kietz, H.: Das räumliche Hören, Acustica, 1953, 3, 73-86.
- Klensch, H.: Beiträge zur Frage der Lokalisation des Schalles im Raum. Pflügers Arch. ges. Physiol., 1948, 250, 492-500.
- Klix, F.: Information und Verhalten. Bern: Huber, 1976 (3. Aufl.).
- Koenig, W.: Subjectiv effects in binaural hearing. Journal of the Acoustical Society of America, 1950, 22, 61-62.
- Konishi, M.: How the owl tracks its prey. American Scientist, 1973, 61, 414-424.

- Lackner, J.: Visual rearrangement affects auditory localization. Neuropsychologia, 1973, 11, 29-32.
- Lackner, J.: Changes in auditory localization during body tilt. Acta Oto-Laryngologica, 1974a, 77, 19-28.
- Lackner, J.: The role of posture in sound localization. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 1974a, 26, 235-251.
- Lehrl, S., Daun, H. & Schmidt, R.: Eine Abwandlung des HAWIE-Wortschatztests als Kurztest zur Messung der Intelligenz Erwachsener. Arch. Psychiat. Nervenkr., 1971, 214, 353-364.
- Lindsay, H. & Norman, D.: Human information processing. San Diego: Academic, 1972.
- Man'kovskii, V.: The influence of visual perception upon auditory localization of a sound source. Voprosy Psikhologi, 1969, 15, 57-65.
- Miller, E.: Clinical neuropsychology, Harmondsworth: Penguin Books, 1972.
- Mills, A.: On the minimum audible angle. Journal of the Acoustical Society of America, 1958, 30, 237-246.
- Neff, W.: Neural mechanisms of auditory discrimination. In: Rosenblith, (Ed.): Sensory Communication. New York: 1961.
- Neff, W., Fisher, J., Diamond, I. & Yela, M.: Role of auditory cortex in discrimination requiring localization of sound in space. Journal of Neurophysiology, 1965, 19, 500-512.
- Newcomb, F., Oldfield, R. & Wingfield, A.: Object-naming by dysphasic patients. Nature, 1965, 207, 1217-1218.

- Perrott, D.: Role of signal onset in sound localization. Dissertation Abstracts, 1969, 29, 4874-4875.
- Piaget, J.: Psychologie der Intelligenz, Bern: Huber, 1971.
- Platt, B. & Warren, D.: Auditory localization: The importance of eye movements and a textured visual environment. Perception and Psychophysics, 1972, 12, 241-244.
- Plattig, K.: Reiz. In: Keidel, W. (Hrsg.): Physiologie des Gehörs. Stuttgart: Thieme, 1975.
- Pollack, I. & Rose, M.: Effect of head movement on the localization of sounds in the equatorial plane. Perception and Psychophysics, 1967, 2, 591-596.
- Pratt, C.: The spatial character of high and low tones. Journal of Experimental Psychology, 1930, 13, 178-185.
- Pritchard, R.: Stabilized images on the retina. Scientific American, June 1961.
- Ravizza, R. & Masterton, R.: Contribution of neo cortex to sound localization in opossum. Journal of Neurophysiology, 1972, 35, 344-356.
- Roffler, S. & Butler, R.: Factors that influence the localization of sound in the vertical plane. Journal of the Acoustical Society of America, 1968a, 43, 1255-1259.
- Roffler, S. & Butler, R.: Localization of tonal stimuli in the vertical plane, Journal of the Acoustical Society of America, 1968b, 43, 1260-1266.
- Ruff, R.: Auditiv-räumliche Musterwahrnehmung anhand visueller Musterwahl. Lizentiatsarbeit, Universität Zürich, 1974.

- Ruff, R. & Perret, E.: Auditory spatial pattern perception aided by visual choices. Psychological Research, 1976, 38, 369-377.
- Sanches-Longo, L. & Auth, T.: A clinical test for sound localization and its application. Neurology, 1957, 57, 655-663.
- Sanches-Longo, L. & Forster, F.: Clinical significance of impairment of sound localization. Neurology, 1968, 8, 119-125.
- Schiller, P. von & Wolff, W.: Gegenseitige Beeinflussung der optischen und der akustischen Helligkeit. Zeitschrift für Psychologie, 1933, 129, 135-148.
- Sivian, C. & White, S.: On minimum audible sound fields. Journal of the Acoustical Society of America, 1933, 4.
- Spengler, J.: Untersuchung zur auditiven Wahrnehmung von räumlichen Tonmustern. Lizentiatsarbeit, Universität Zürich, 1975.
- Sperling, G.: The information available in brief visual presentations. Psychological Monographs: General and Applied, 1960, 74, 1-29.
- Spigelman, M. & Bryden, M.: Effects of early and late blindness on auditory spatial learning in the rat. Neuropsychologia, 1967, 5, 267-274.
- Spreen, O.: Neuropsychologische Störungen. In: Gottschaldt, K. von, Sander, F., Lersch, P. & Thomae, H. (Hrsg.): Handbuch der Psychologie, Band VIII.1, Göttingen: Hogrefe, 1977.
- Steinberg, J. & Snow, W.: Physical factors in auditory perspective. Bell Syst. Tech. J., 1934, 13.
- Stevens, S. & Newman, E.: The localization of actual sources of sound. American Journal of Psychology, 1936, 48, 297-306

- Supa, M., Cotzin, M. & Dallenbach, K.: "Facial vision": The perception of obstacles by the blind. American Journal of Psychology, 1944, 57, 133-183.
- Thurlow, W.: Audition. In: Kling, J. & Rigg, L. (Eds.): Woodworth and Schlosberg's experimental psychology. London: Methuen, 1972 (3.ed.).
- Thurlow, W., Marten, A. & Bhatt, B.: Localization aftereffects with pulse-tone and pulse-pulse stimuli. Journal of the Acoustical Society of America, 1965, 37, 837-842.
- Thurlow, W., Mangels, S. & Runge, P.: Head movements during sound localization. Journal of the Acoustical Society of America, 1967, 42.
- Thurlow, W. & Runge, P.: Effect of induce head movements on localization of direction of sounds. Journal of the Acoustical Society of America, 1967, 42, 480-488.
- Thurlow, W. & Jack, C.: Some determinants of localization-adaptation effects for successive auditory stimuli. Journal of the Acoustical Society of America, 1973, 53, 1573-1577.
- Thurstone, L.: Primary Mental Abilities. Chicago: Psychometrical Monographs, No. I, 1938.
- Tolkmitt, F.: Auditory pattern perception : Processing limits and organizational tendencies. International Dissertation Abstracts, 1969, 30, 1349-1350.
- Tolkmitt, F.: Latency of sound localization as a function of azimuth and frequency. Journal of Experimental Psychology, 1974, 103, 310-316.
- Trendelenburg, F. Akustik. Berlin: 1950.

- Wallach, H.: On sound localization. Journal of the American Acoustical Society of America, 1939, 10, 270-274.
- Wallach, H.: The role of head movements and vestibular and visual cues in sound localization. Journal of Experimental Psychology, 1940, 27, 339-368.
- Walsch, E.: An investigation of sound localization in patients with neurological abnormalities. Brain, 1957, 80, 222-250.
- Warren, D.: Intermodality interaction in spatial localization. Cognitive Psychology, 1970, 1, 114-133.
- Weiss, R.: Grundintelligenztest CFT 3 Skala 3. Braunschweig: Westermann, 1971.
- Whitfield, I., Diamond, I., Chiveralls, K. & Williamson, T.: Some further observations on the effects of unilateral cortical ablation on sound localization in the cat. (In Vorbereitung).
- Wilcox, G.: Interobserver agreement and models of monaural auditory processing in detection tasks. International Dissertation Abstracts, 1969, 30, 879.
- Williams, M.: Brain damage and the mind, Harmondsworth: Penguin Books, 1970.
- Young, P.: The role of head movements in auditory localization. Journal of Experimental Psychology, 1931, 14, 95-124.
- Zietz, K.: Gegenseitige Beeinflussung von Farb- und Tonerlebnissen. Zeitschrift für Psychologie, 1931, 121, 257-356.

L E B E N S L A U F

Am 28. Mai 1949 wurde ich in San Jose, Kalifornien, geboren. 1953 übersiedelte meine ganze Familie nach Zürich, wo ich in der Folge die ersten acht Schuljahre absolvierte. Als Fünfzehnjähriger reiste ich zurück nach Kalifornien. Nach Erlangen des High School Diplomas (1966), besuchte ich drei Jahre ein College in Santa Cruz. Nach zwei weiteren Jahren im Stanislaus State College habe ich 1971 den Bachelor of Arts in Psychologie und Geschichte erhalten. Seit 1971 lebe ich wieder in der Schweiz. Die Lizentiatsprüfung in den Fächern der Psychologie, Neuropsychologie und Pädagogik bestand ich an der Universität Zürich nach drei Jahren (1974). Seit Herbst 1974 arbeite ich als wissenschaftlicher und klinischer Assistent im Neuropsychologischen Laboratorium der Neurologischen Universitätsklinik in Zürich.

